CENTRE INTERNATIONAL DE SYNTHÈSE
FONDATEUR : HENRI BERR

SECTION D'HISTOIRE DES SCIENCES

REVUE D'HISTOIRE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS

Direction : Suzanne Delorme et René Taton

REVUE PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Tome XI - N° 2 **Avril-Juin 1958**

SOMMAIRE

(Voir au dos)



PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

PUBLICATION TRIMESTRIELLE

CENTRE INTERNATIONAL DE SYNTHÈSE
Fondateur : Henri BERR
Section d'Histoire des Sciences

REVUE D'HISTOIRE DES SCIENCES

ET DE LEURS APPLICATIONS

PARAISSANT TOUS LES TROIS MOIS

Fondateur : Pierre BRUNET

Direction : Suzanne DELORME, René TATON
Centre International de Synthèse (Section d'Histoire des Sciences)
12, rue Colbert, Paris (2e)

Administration : **Presses Universitaires de France**
108, boulevard Saint-Germain, Paris (6e)

Abonnements : **Presses Universitaires de France**
1, place Paul-Painlevé, Paris (5e)
Tél. ODÉon 64-10 — Compte Chèques Postaux : Paris 392-33

Année 1958 (4 numéros) : France, Union française, **1 300** francs. Étranger, **1 500** francs
États-Unis et Canada, **$ 4.** Grande-Bretagne et Commonwealth, **£ 1/7s**
Prix du numéro : **400** francs

AVIS IMPORTANT. — *Les demandes en duplicata des numéros non arrivés à destination ne pourront être admises que dans les quinze jours qui suivront la réception du numéro suivant.*

Il ne sera tenu compte d'une demande de changement d'adresse que si elle est accompagnée de la somme de cent francs.

Suite du Sommaire :

La Revue publiera dans ses prochains numéros des articles de :

MM. A. BIREMBAUT, M. DAUMAS, L. DULIEU, D. I. DUVEEN, A. GLODEN, R. HAHN, A. MACHABEY, Mlle G. MARTIN, MM. J. PROUST, A. ROBINET, R. TATON, etc.

Rôle de l'Histoire dans l'enseignement des Sciences physiques

Nous avons, dans une précédente étude (*Revue d'histoire des Sciences*, t. X, 1957, nº 3, pp. 193-196), montré l'intérêt que pouvait présenter, dans l'enseignement des sciences physiques, le recours à une méthode qui emprunterait à l'histoire son esprit de recherche et ferait parcourir à de jeunes esprits, au moins dans ses grandes étapes, le chemin que la Science a effectivement parcouru dans son développement. Nous allons nous efforcer maintenant d'illustrer ces considérations générales en les appliquant à l'étude de quelques questions qui figurent au programme de nos lycées et collèges, en abordant d'abord des sujets pour lesquels l'appel à la méthode historique modifie peu les formes traditionnelles de l'exposé.

LA TEMPÉRATURE ET LE THERMOMÈTRE

Cette question, qu'on étudie dans la classe de seconde, peut faire l'objet de deux leçons successives. La première a pour but de montrer comment, à une sensation physiologique, purement qualitative, celle de chaud et de froid, la physique substitue un mode de repérage quantitatif des températures, en introduisant la quantité dans un domaine d'où elle paraissait exclue *a priori*. Tout l'intérêt de la leçon réside dans l'élaboration de cette notion quantitative de température, nous dirions de cette grandeur, si nous pouvions esquisser le prolongement qu'aura cette étude quand, dans les classes terminales, on abordera le théorème de Carnot et qu'on pourra alors définir la température absolue.

Le recours à la méthode historique, s'il ne modifie pas la marche générale de l'exposé classique, a le mérite de souligner le caractère nécessaire de ce cheminement. Il s'agit, en effet, de substituer à la sensation physiologique, dont il est facile de montrer qu'elle a un champ limité, qu'elle ne permet pas d'apprécier de faibles

différences de température et qu'elle est enfin toute subjective, une méthode qui échappe à ces défauts et confie la comparaison des températures des divers corps chauds ou froids à un thermomètre qui constituera un relais entre la température du corps qu'on cherche à estimer et l'observateur.

Il suffira donc de projeter, si l'on peut dire, l'exposé classique sur un fond historique, en rappelant d'abord que c'est au cours du XVIIe siècle que fut étudiée l'influence de la température sur les propriétés des fluides. Cette étude devait avoir comme conséquence pratique la construction des thermomètres. L'étude se poursuivit à Florence autour de Galilée et aussi après sa mort. La dilatation des corps sous l'effet d'une élévation de la température devait naturellement donner l'idée d'un thermomètre à échelle arbitraire.

La nécessité de rendre comparables les indications des divers thermomètres allait conduire le physicien français Amontons, à la fin du XVIIe siècle, à l'idée d'un *thermomètre absolu*, qu'il s'efforça de réaliser dans un *thermomètre à air*, peu maniable, certes, mais auquel les thermomètres d'un usage plus pratique pouvaient être comparés. C'est Amontons qui eut le premier l'idée du *zéro absolu* qu'il fixa à — 240°, valeur établie avec une assez bonne précision pour l'époque.

Si ce même physicien eut probablement l'idée des *points fixes* de l'échelle thermométrique, c'est Réaumur qui la précisa en attribuant la valeur 0° à la température de la glace fondante et celle de 80° à la température de la vapeur d'eau bouillante, la valeur du degré correspondant à la dilatation du liquide thermométrique (en l'espèce l'esprit de vin) du 1/1 000e de son volume à la température 0°.

Pour montrer le caractère arbitraire des conventions qui définissent une échelle thermométrique, on pourra rappeler que, dans l'échelle Fahrenheit, les températures de la glace fondante et de la vapeur d'eau bouillante se voyaient attribuer en degrés les valeurs 32 et 212, nombres dont l'origine historique n'a pas été établie d'une manière précise.

Il n'est pas mauvais de rappeler que cette échelle est encore utilisée dans les pays anglo-saxons et que le caractère conventionnel de la définition des diverses échelles thermométriques n'a donc pas encore disparu devant la nécessité d'adopter une même échelle thermométrique pour les usagers de tous les pays.

Que peuvent apporter, nous dira-t-on, ces rappels historiques sommaires à la compréhension par des élèves de ce qu'est un thermomètre ? — Nous répondons qu'ils suffisent à modifier le climat d'une leçon, en reportant l'intérêt de l'étude du thermomètre et des principes qui ont présidé à sa construction sur l'effort de l'esprit, qui est parvenu à introduire ici, avec la quantité, la précision numérique sans laquelle une notion n'a pas de valeur scientifique, parce qu'elle n'est pas communicable.

LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE ET LE BAROMÈTRE

Ici encore, il s'agit d'une leçon qui trouve sa place dans la classe de seconde. L'existence de la pression atmosphérique, comme l'usage du baromètre, pour la mesurer, n'ont rien qui puisse étonner beaucoup nos élèves, déjà familiarisés avec une notion dont la géographie générale fait un constant usage et avec un instrument qu'ils possèdent parfois chez eux ou qu'ils ont vu fréquemment à la devanture ou dans la vitrine de certains magasins. Replacer cette étude dans le climat historique du début du XVIIe siècle, c'est lui rendre le caractère captivant qu'elle avait pour les savants de cette époque, c'est vraiment redécouvrir avec Pascal et l'existence de la pression exercée par l'atmosphère sur les corps qui y sont plongés, et l'instrument de sa mesure. Cette redécouverte historique modifiera un peu plus que dans l'étude précédente la marche traditionnelle de la leçon qui se déroule habituellement en trois étapes : mise en évidence, par un certain nombre d'expériences purement qualitatives de la pression atmosphérique ; expérience de Torricelli et idée de la mesure de cette pression ; enfin, étude du baromètre à mercure et des baromètres métalliques.

C'est un véritable récit qu'il conviendrait de faire ici, comme je l'ai vu faire un jour dans la classe d'un de nos lycées. C'est une très belle « histoire » à raconter à des élèves, parce que la découverte de la pression atmosphérique par Pascal et l'expérience célèbre du Puy de Dôme, vieille de trois siècles, demeurent pour nous un grand événement scientifique et un modèle.

Il conviendrait donc de rappeler le retentissement qu'a eu en France l'expérience de Torricelli, rapportée d'Italie par le Père Mersenne, et de faire revivre brièvement les discussions auxquelles cette expérience a donné lieu de la part de savants comme Gassendi, Pascal, Roberval, lorsqu'elle fut répétée devant eux. Horreur du

vide, horreur partielle du vide, balbutiements de la pensée avant que surgisse, dans l'esprit de Pascal, l'idée-clé de la pesanteur de l'air, intuition d'une réalité qui n'avait pu encore être découverte expérimentalement. La machine pneumatique, qui devait permettre d'extraire l'air d'un récipient et de comparer son poids, plein et vide, ne devait, en effet, être découverte que quelques années plus tard, par Otto de Guéricke. Ceux qui, jusqu'ici, s'étaient efforcés de rechercher si l'air était pesant, n'avaient pu qu'utiliser un récipient souple, comme une vessie de porc, qu'ils pesaient une première fois, après l'avoir gonflé et, une seconde fois, après en avoir chassé l'air contenu en l'écrasant à la main. Ce faisant, ils supprimaient en même temps la poussée extérieure de l'atmosphère qui compensait en partie le poids de l'air préalablement contenu dans la vessie. On comprend l'importance de ce détail historique qui confère à l'idée de Pascal son caractère génial.

Comment vérifier expérimentalement cette intuition, sans la ressource de la machine pneumatique, si ce n'est en s'élevant sur une montagne d'accès facile et en répétant au cours de cette ascension l'expérience de Torricelli, dans l'espoir que la raréfaction progressive de l'air se traduira par une diminution de la hauteur de la colonne de mercure dans le tube ? Et c'est la lettre bien connue de Pascal à son beau-frère Périer et la relation que celui-ci fit à Pascal du déroulement des expériences du Puy de Dôme. En relisant tout ou partie de ces deux textes devant les élèves, on soulignera les précautions prises au cours de cette journée du 19 septembre 1648, pour donner aux résultats de l'expérience leur pleine valeur : tube témoin laissé au pied de la montagne, en expérience continuelle, afin de s'assurer qu'aucune autre cause de variation n'était intervenue au cours de la journée, et répétition, pendant la descente, des expériences exécutées au cours de l'ascension.

L'importance de la dépression constatée au cours de l'ascension du Puy de Dôme devait permettre à Pascal de répéter avec succès la même expérience en s'élevant d'une hauteur beaucoup moindre, ce qu'il fit au sommet de la tour Saint-Jacques-de-la-Boucherie.

Tout le reste de la leçon, mise en évidence de la pression atmosphérique par utilisation de la machine pneumatique (crève-vessie, expérience de Magdebourg) et présentation du baromètre à mercure et du baromètre métallique, s'ajoutera sans difficulté, dans les formes traditionnelles, à l'introduction historique que nous avons esquissée.

Les deux exemples que nous avons pris suffisent, pensons-nous, à montrer l'intérêt que peut présenter l'utilisation de la méthode historique dans l'étude de certaines questions du programme de physique de nos lycées et collèges et à préciser dans quel esprit cette méthode peut être utilisée.

*
* *

Venons-en maintenant à des exemples empruntés à des sujets qui nécessitent un remaniement un peu plus profond des méthodes habituelles de l'exposé. Le point de vue historique peut se manifester soit dans l'exposé d'une leçon sur un sujet donné, comme les rayons cathodiques, soit dans la présentation d'un ensemble de tout un chapitre de la physique, par exemple les principes généraux de la statique des corps solides, ou l'exposé des idées fondamentales qui servent de base à l'énergétique ou à la structure de l'atome.

Il ne s'agit pas, comme nous l'avons dit, de reproduire fidèlement dans l'ordre chronologique toutes les expériences et de faire revivre toutes les discussions, depuis la découverte des rayons cathodiques jusqu'à l'état actuel de nos connaissances sur cette question. Il s'agit seulement de montrer les grandes étapes parcourues par la science dans ce progrès.

Une leçon sur les rayons cathodiques se divisera naturellement en trois parties :

La première sera la reproduction de l'expérience faite à Bonn par Plücker, à l'époque du second Empire (apparition du rayonnement cathodique dans une ampoule dont le vide est de plus en plus poussé). Cette expérience fournira l'occasion de révéler la part prise par un collaborateur modeste de Plücker, son mécanicien Geissler, inventeur de la pompe à mercure. Les progrès importants de la science théorique ne sont pas toujours le fruit de savantes théories, mais parfois le fait du hasard ou la conséquence d'une technique ingénieuse.

Il ne sera pas mauvais de souligner le caractère très surprenant, pour les physiciens de l'époque, de cette découverte nouvelle et de rappeler les premiers balbutiements d'une théorie qui présentait d'abord le rayonnement cathodique comme un nouvel état de la matière.

La deuxième partie de la leçon pourra être consacrée à la

controverse ondes-corpuscules, à laquelle a donné lieu l'explication du nouveau rayonnement. Ici, toutes les expériences classiques, qui reproduisent du reste des dispositifs historiques, seront reproduites devant les élèves : moulinet de Crookes qui progresse dans l'ampoule à rayons cathodiques à l'opposé de la cathode ; feuille de platine perforée par le rayonnement ; autant de faits qui semblent en faveur d'une émission corpusculaire. Mais aussi l'expérience de Lénard (franchissement par le rayonnement d'une fenêtre métallique pratiquée dans l'ampoule), qui semble contredire l'hypothèse corpusculaire ; détermination de la vitesse des rayons cathodiques, aboutissant à un résultat très différent de celui qu'on connaît pour les rayonnements électro-magnétiques ; puis enfin, déviation du rayonnement par le champ électro-statique et par le champ magnétique, qui donne lieu au calcul par J. J. Thomson du rapport de la charge c à la masse m du corpuscule hypothétique, et aussi de la vitesse v de ce corpuscule. Ici, la nature corpusculaire est utilisée comme une hypothèse de travail et exploitée dans toutes ses conséquences. Il sera bon de montrer que le calcul de la déviation fait intervenir la notion de masse et la formule fondamentale de la dynamique, notion et relation dont l'emploi peut paraître fort audacieux, quand il s'agit de corpuscules invisibles d'une nature très hypothétique et qui pose encore aujourd'hui à la science théorique de très difficiles problèmes.

Il est bon de souligner aussi que, pour aller plus loin, il convient de faire une hypothèse nouvelle, en liant la nature corpusculaire de l'électricité à celle de la matière. Puisque, dans l'électrolyse, le transport à la cathode d'un atome-gramme ou de N petits atomes, N étant le nombre d'Avogadro, s'accompagne du passage de 96 600 coulombs, on aura une limite supérieure de la charge électrique élémentaire, si l'électricité a une nature corpusculaire, en faisant le quotient par N de 96 600 coulombs.

A cette étape de la leçon, il sera bon, encore une fois, de souligner toutes les hypothèses et toutes les audaces auxquelles l'esprit a dû faire appel pour constituer une théorie cohérente. On aura évidemment, au passage, montré le transport de l'électricité négative par le rayonnement cathodique, en rappelant — sinon en reproduisant, ce qui est difficile — la célèbre expérience de Jean Perrin, qui consiste à faire tomber dans un cylindre de Faraday le rayonnement incurvé par l'action d'un aimant. A ce moment, les élèves auront tous les éléments qui leur permettront d'apprécier la

valeur de l'hypothèse corpusculaire et la notion d'électron, à laquelle aboutit la théorie, avec ses attributs de charge et de masse qui viennent d'être définis.

Dans une troisième étape, le professeur pourra décrire rapidement l'expérience de Millikan (examen de la chute de gouttelettes liquides dans l'air soumis à un champ électrostatique). Il est facile de montrer pourquoi les brusques variations de la vitesse observée pour chaque gouttelette ne sont explicables que par une capture de charges électriques et que la mesure de la variation de vitesse permet de déterminer la valeur de la charge capturée. L'examen des valeurs obtenues pour toutes ces charges montre qu'elles sont, aux erreurs d'expérience près, multiples d'une charge élémentaire qui est précisément égale à celle attribuée précédemment à l'électron, en faisant appel à la loi expérimentale de l'électrolyse.

Il semble qu'arrivée à ce point de l'étude, la nature corpusculaire du rayonnement cathodique paraisse définitivement assise. Il n'est pas interdit alors d'indiquer à nos élèves que, vingt ans après environ, cette hypothèse a été remise en question par les travaux théoriques de Louis de Broglie et par les expériences des physiciens américains auxquelles ces travaux ont donné lieu, la dualité ondes-corpuscules dans l'explication des divers rayonnements se résolvant en une synthèse ou en une complémentarité, qui est à la base de la mécanique ondulatoire.

Une leçon conduite dans cet esprit donne aux élèves le sentiment de l'évolution constante de nos connaissances et aussi de la valeur de l'explication qu'apporte la science dans les phénomènes du monde physique.

La méthode historique apparaît peut-être plus encore nécessaire, lorsqu'il s'agit de présenter l'ensemble des leçons se rapportant à un même chapitre. Dans une classe de philosophie, par exemple, où l'on est amené à rechercher les bases des notions fondamentales de l'énergétique, il est bon de rappeler comment la statique est parvenue, à une étape du reste très avancée de son développement, à la notion-clé de « travail ». Cette notion ne sera pas présentée dès l'abord comme le moyen de fournir une explication unitaire du fonctionnement des diverses machines simples. Il est préférable, à notre avis, de reprendre très rapidement l'étude expérimentale de chacune de ces machines : poulie, levier, treuil, plan incliné, et de rappeler, dans chaque cas, la condition d'équilibre des forces qui

s'exercent sur la machine, en soulignant la diversité des résultats obtenus : égalité de ces forces dans la poulie ; grandeurs des forces inversement proportionnelles aux bras de leviers correspondants, dans les divers leviers, aux rayons correspondants du treuil et de la manivelle dans le treuil. Pour le plan incliné, le professeur soulignera la forme particulière de la loi d'équilibre : le rapport de la force qui, s'exerçant parallèlement au plan incliné, maintient un corps posé sur le plan, sans frottement, étant, avec le poids de ce corps, dans un rapport égal au sinus de l'angle d'inclinaison du plan.

Il sera possible, chemin faisant, de montrer qu'une notion générale s'est présentée dans l'étude du levier et du treuil, comme une « déterminante du mouvement », selon l'expression d'anciens mécaniciens ; c'est la notion de « moment », produit de la force par son bras de levier. Si l'on revient alors à la poulie, on peut constater que, pour les trois premières machines étudiées, la loi d'équilibre est susceptible de prendre une forme unique, en affirmant que la somme algébrique des moments, par rapport à l'axe de rotation des forces qui se font équilibre, est nulle. Sous cette forme très suggestive, l' « invariant » qui a été trouvé, c'est-à-dire cette somme même, permet d'exprimer toutes les lois d'équilibre au moyen d'un seul « principe de conservation » et par une équation de la forme $M = 0$, dans laquelle M représente la valeur de cet invariant. Malheureusement, le plan incliné échappe à cette réduction, car dans les autres machines mentionnées, les déplacements permis par la constitution de ces machines sont des rotations autour d'un axe, et c'est à cette circonstance que l'on doit de pouvoir exprimer leur loi d'équilibre grâce à la notion de moment. Force est donc de recourir à une notion nouvelle.

Celle-ci pourra être introduite par le rappel de la constatation faite primitivement par Stévin à la fin du XVIe siècle, dans ses recherches sur l'équilibre des poulies et des systèmes de poulies. Le savant néerlandais constatait que, dans de tels systèmes, si compliqués qu'ils fussent, le produit de chacun des poids qui se font équilibre par le déplacement qu'on peut donner à son point d'application, de par la constitution de la machine, garde la même valeur pour chacune des forces, tout au moins au signe près, de telle sorte que la somme algébrique des produits correspondants est nulle. Un nouvel invariant et un nouveau principe de conservation s'offrent ainsi aux théoriciens. Cette idée de Stevin, dont il est

aisé de constater qu'elle s'applique au levier et au treuil, se heurte encore à une difficulté dans la théorie du plan incliné. Mais cette difficulté disparaît, et la notion nouvelle semble parfaitement utilisable, si l'on fait intervenir pour le poids du corps posé sur le plan, non le produit de ce poids par le déplacement de son point d'application le long du plan, mais son produit par la projection de ce déplacement sur la direction du poids. Cette retouche, qui fait intervenir le cosinus de l'angle des directions de la force et du déplacement, semble modifier la nature de l'invariant qui s'offrait à Stevin. Il n'en est rien en réalité car, pour les autres machines, force et déplacement ont même direction, si bien que le déplacement se confond avec sa projection. Les notions d'algèbre élémentaire que possèdent nos jeunes élèves philosophes permettent d'exprimer sans difficulté le nouveau principe de conservation auquel on parvient par cette voie nouvelle et de donner la définition précise et générale du nouvel invariant, qui est la somme algébrique des produits précédemment définis. Il ne restera plus, pour la commodité du langage vulgaire, et non mathématique, qu'à donner un nom à cet invariant. Le mot *travail* sera alors prononcé pour la première fois, et l'arbitraire du choix de ce mot sera justifié par des considérations tirées de l'idée qu'on se fait du travail manuel, où il y a toujours effort musculaire, c'est-à-dire force et déplacement relatif de la main ou de l'outil et de la matière sur laquelle s'exerce l'effort.

Un tel développement résume, en le simplifiant beaucoup, le labeur de plusieurs générations de savants, tels que Galilée, Léonard de Vinci, Stevin et Torricelli. Pour souligner cet effort unitaire de la théorie qui a été la préoccupation constante de tous les mécaniciens, le professeur pourra, sous forme d'exercice collectif, offrir à ses élèves une autre direction d'unification de la statique, qui ne fait pas appel à la notion de travail et qui s'est offerte à la méditation de Torricelli.

Si l'on convient de matérialiser, dans chaque machine simple précédemment étudiée, les forces qui s'équilibrent par les poids de deux corps attachés ou suspendus à l'extrémité de fils ou posés sur les deux extrémités du levier, il est facile de constater géométriquement que dans la poulie, le levier ou le treuil, les déplacements, tels qu'ils sont permis par la structure de chaque machine, ne modifient pas la position du centre de gravité *de leur ensemble*. Si cette constatation ne peut être faite sur le plan incliné, la simple

considération de triangles semblables suffit à montrer que le centre de gravité de l'ensemble des deux corps qui s'équilibrent se déplace sur une horizontale, c'est-à-dire *ne tombe pas*. On peut se demander pourquoi l'unification théorique des lois des machines simples par la notion de travail s'est imposée de préférence à la constatation de Torricelli. C'est sans doute que l'appel à la notion de travail était susceptible, en s'appliquant à des forces de toute nature, d'une plus grande généralité. Il n'en reste pas moins que dans l'une et l'autre de ces directions de pensée, l'expression du principe général de l'équilibre dans les machines simples se traduit par le fait que, pour tout déplacement compatible avec les liaisons de la machine, la somme des travaux des forces qui agissent sur cette machine est nulle, ou bien que le centre de gravité de l'ensemble des corps qui s'équilibrent ne tombe pas. Pour reprendre une expression de Mach, auteur d'une célèbre *Histoire de la mécanique*, l'équation d'équilibre fournie par l'un ou l'autre des deux principes peut s'exprimer ainsi : *Il n'arrive rien lorsque rien ne peut arriver.*

Nous voudrions, dans un autre domaine — celui de la structure de l'atome — montrer l'intérêt, disons même la nécessité, pour l'enseignement, qu'il y a à recourir à une méthode d'exposition qui se réclame du développement historique de nos idées. Certes, si le temps ne permet pas toujours de décrire les modèles successifs de l'atome auxquels il a fallu recourir pour expliquer un nombre de faits toujours plus grand, il est possible de montrer l'impulsion qu'ont fait naître certaines découvertes et les transformations qu'elles ont provoquées dans le schéma atomique aux diverses phases de son développement. Par exemple, il sera facile d'indiquer que l'expérience de Rutherford, qui date de 1911 et qui consiste à bombarder de particules alpha une feuille d'or mince, aboutit à des déviations de ces particules que ne saurait expliquer le modèle primitif de Thomson, qui supposait que les protons et les électrons constitutifs de l'atome étaient distribués au hasard, ce qui entraînait la compensation presque complète des actions que pouvaient créer sur la particule alpha les charges positives et négatives de l'atome. La forte déviation constatée par Rutherford ne pouvait s'expliquer que par une distribution différente des particules constitutives de l'atome, les charges positives étant concentrées au centre de cet atome et les charges négatives, qui équilibrent les premières, étant réparties à la périphérie. De même, on montrera que dans l'atome d'hydrogène conçu par Rutherford, formé par un seul électron

périphérique et par un noyau constitué par un seul proton, on ne comprend pas que l'électron ne soit pas complètement « avalé » par le noyau, si on ne suppose pas qu'il tourne sur une orbite, de manière que la force centrifuge équilibre la force d'attraction de Coulomb qu'exerce sur lui le noyau. Mais, si cet électron tourne, il perd de l'énergie, s'approche du noyau en suivant une courbe spiralée et doit tomber finalement sur lui. On sait comment la mécanique quantique a expliqué la stabilité de cet électron, en admettant qu'il ne rayonnait pas quand il tournait sur des orbites particulières et que ses gains ou ses pertes d'énergie correspondaient aux passages d'une orbite à une autre.

De même, la découverte du neutron devait modifier nos idées sur la structure du noyau et rendre inutile l'existence à l'intérieur de celui-ci des électrons dont on avait supposé jusqu'alors l'existence, de manière à compenser une partie de la charge positive due aux protons pour l'égaler à la somme des charges négatives des électrons planétaires.

L'impossibilité de l'existence des électrons dans le noyau résulte également du fait que, suivant la mécanique ondulatoire, l'électron a une onde associée, de longueur d'onde $\lambda = \frac{h}{mv}$. Cette onde doit présenter au minimum un nœud pour les limites du noyau, ce qui revient à dire que $\frac{\lambda}{2}$ doit être au plus égal au diamètre du noyau, qu'on sait être de l'ordre de 10^{-13} cm. Les quantités de mouvement mv, correspondant aux électrons provenant de la radio-activité, conduisent à donner à λ des valeurs ne lui permettant pas de « tenir » à l'intérieur du noyau. On est donc amené à supposer que les électrons provenant de la radio-activité de certains atomes ne pré-existent pas dans ces atomes et ne sont créés qu'à la sortie du noyau.

On multiplierait les exemples. Ici, la méthode historique se réduit à une forme rudimentaire, puisqu'elle se borne à montrer les raisons qui ont provoqué l'évolution du schéma atomique. Sous cette forme, elle apporte à l'exposé ce qui paraît essentiel pour la formation de l'esprit, à savoir le climat d'une redécouverte permanente, dans un domaine où, plus peut-être qu'ailleurs, toutes les questions étudiées restent largement ouvertes sur l'avenir.

Charles BRUNOLD.

Notes sur le *De motu tractatus* de Michel Varro

Ni Duhem, ni Dugas, ni Mach n'ont noté l'apparition de Michel Varro, à la fin du XVIe siècle, dans la famille des esprits à laquelle appartiennent Benedetti, Stevin, Cardan. A l'occasion, Whewell, Rosenberger, Wohlwill ou A. Koyré ont indiqué quelques aspects de l'œuvre de ce mécanicien dont l'importance historique n'a pas été très grande. A vrai dire, nous ne savons pas quelle a été sa portée exacte, il faudrait remonter à des sources très sûres. manuscrits et œuvres inédites, retracer une biographie dont nous ne possèdons aucun indice marquant. Par cette voie, l'érudition et l'histoire pourraient éventuellement projeter de nouvelles lumières sur le XVIe siècle, époque de transition dont nous connaissons mieux les sources et l'aboutissement que le cheminement propre. Non pas pour découvrir des précurseurs, toutes les époques et tous les grands esprits en ont, mais pour analyser d'une manière satisfaisante ce qui constitue une caractéristique essentielle de ce siècle : la naissance de ce qu'on pourrait appeler l'esprit « archimédien ». Dans cette perspective, Varro, n'étant pas un penseur de l'envergure de Stevin ou de Cardan, représente un exemple privilégié ; il nous est en effet possible d'étudier, à travers le seul ouvrage qu'il ait laissé, la conception d'un mécanicien « à l'aube de la science classique ». On constatera, à cette occasion, que certains principes auxquels on s'efforce de donner un nom ou dont on cherche à fixer la date précise d'apparition font souvent partie du fonds commun d'une époque ou s'intègrent dans un mode courant de réflexion sur les questions essentielles de la science.

PROPOS D'UN OUVRAGE ET HISTOIRE D'UN ESPRIT

Le *De motu tractatus* a été achevé le 6e jour des calendes de juin 1584 et imprimé la même année chez Jacobi Stoer à Genève. Il est dédié à Carolus, Baron Azerotin, seigneur de Brindisi. Michel

Varro a écrit ce traité avant que son protecteur ne quitte la cité, avec une précipitation dont il a conscience et qui rend la lecture de son ouvrage difficile.

Mais lorsque je compris que tu te préparais à quitter notre cité dont, tant que tu t'y trouvais, non seulement tu fus l'ornement mais dont tu t'es aussi concilié les meilleurs citoyens dans l'admiration de tes vertus, toi qui m'as montré des signes innombrables de ta bienveillance, je ne pus laisser partir un si grand homme et mon ami sans quelque présent ou souvenir. C'est pourquoi j'ai décidé de te dédier ce petit livre et de le livrer au public sous le patronage de ton nom. Il se présente assez négligé et grossier et aussi restreint en volume. Ta dignité réclamerait quelque chose de plus beau et de plus travaillé. Mais la grandeur de son sujet est telle qu'il suffit qu'on ait eu la volonté de le traiter dans ce livre...

Le latin de Varro est à celui des Romains ce que l'idiome des revues scientifiques américaines est à l'anglais : lisible, expéditif et négligé. *De motu tractatus* n'est pas à proprement parler un livre, mais un article de 48 pages de petit format. L'auteur y inclut une histoire de son propre esprit : ce qui devait avoir une importance pédagogique.

Lorsque, dès l'âge le plus tendre, je me suis appliqué aux mathématiques, j'ai toujours eu dans mon esprit le désir de pouvoir démontrer par la raison et prouver par l'expérience ce qui nous a été transmis d'Archimède de Syracuse.

La première phrase du texte nous dévoile le dessein et le guide. La lecture d'Archimède « dès l'âge le plus tendre » a dû provoquer dans les jeunes esprits, au XVI[e] siècle, la même sensation de grandeur, de vérité, d'aisance, et le même désir de réflexion approfondie que la célèbre lecture de Descartes par Malebranche. Le destin y posait sa marque.

Et y ayant consacré de nombreuses réflexions de ce genre, après que j'eus passé à l'étude du droit civil et enfin aux affaires publiques, je n'eus jamais assez de loisirs pour pouvoir les rédiger en ordre. Mais comme, il y a quelques années de cela, j'avais entrepris un assez long voyage en Sarmatie et que mon esprit était libre de soucis et que mon génie me poussait à la méditation de ces choses, j'entrepris d'en écrire quelque chose, autant que je pus y arriver par mes propres moyens au cours de ce voyage dans lequel j'étais privé de livres. Comme je m'étais appliqué à cet ouvrage dans la contemplation la plus ardue et la plus difficile, et qu'à partir du moment où je retournai à mes occupations habituelles, il ne me fut plus possible d'y mettre la dernière main, j'avais décidé de le conserver dans mes papiers personnels.

Varro a pu faire ce voyage en « Sarmatie » entre 1570 et 1580. La Sarmatie désigne probablement la Pologne et la Moscovie. Nous savons qu'à la même époque Stevin a fait le même voyage. Simple notation qu'il ne faut point accompagner d'hypothèses. Il s'agirait plutôt de signaler le parallélisme des trajectoires intellectuelles et réelles, chez ces deux hommes initiés aux affaires de la cité, cultivant la mécanique et les mathématiques, suivant les traces d'Archimède. De son livre, Varro dit encore que

c'est un présent militaire, et qui te convient à ce titre ; en effet si quelqu'un s'instruit dans cette connaissance il pourra l'employer dans la conduite de la guerre aussi bien que l'a fait Archimède quand il défendit Syracuse contre Marcus Marcellus. Et il cessera de s'étonner de ce que raconte Plutarque à son sujet.

On ne s'étonnera pas non plus de voir Varro considérer la mécanique comme une source de connaissances et d'applications dans tous les domaines de la vie, esquisse courante, déjà, d'une « philosophie mécanique » dont les XVIIe et XVIIIe siècles se sont faits les promoteurs.

En effet les matières qui sont traitées ici peuvent être appliquées à tous les mouvements et aux comparaisons des forces de tous genres afin d'accomplir les fins que l'on s'est proposées. A quel point c'est manifeste, ceci ne peut être dit. En effet, elles ont leur emploi non seulement dans les arts mécaniques, où il est cependant le plus grand, mais aussi dans les choses politiques et économiques ; en effet dans celles-ci il se trouve des mouvements, des forces et des résistances. Dans l'art médical et les autres parties de la physique pratique, personne ne peut exprimer par des paroles de quelle grande utilité elles sont.

Varro lui-même semble s'y être essayé, le programme de son œuvre inachevée l'atteste :

Voici les choses auxquelles j'ai réfléchi pour cela et que je tiens pour fermement acquises : le traité du lancer ; de la continuité et de sa solution ; de la condensation et de la raréfaction et de leurs causes et effets. De même dans les mécaniques le traité des différentes machines à produire le mouvement et de la recherche des constructions les plus parfaites en vue de ce qui a été proposé. J'ai fait quelques notations aussi au sujet du mouvement tantôt interne tantôt externe des affaires publiques, que je désirerais traiter dans le même ordre. Tous les principes s'en trouvent rapportés ici pour qui prend la peine de lire soigneusement.

Le mythe ou le rêve d'une explication unitaire de tous les phénomènes — par réduction à la figure ou au mouvement — n'a pas pris corps avec la seule œuvre de Varro. Toutes les époques

connaissent des tentations analogues et dans le royaume de la connaissance, la cybernétique, par exemple, n'est qu'une incarnation passagère de ce désir, au même titre que la philosophie mécaniste. Il est cependant remarquable de voir le programme de Varro couvrir tous les domaines de la physique et des arts mécaniques de son temps, la production du mouvement et la construction des machines y occupant une place prépondérante. Certes, Varro ne pèche point par modestie lorsqu'il écrit que : « Tous ces principes s'en trouvent rapportés ici (etc.) » ; en effet, même des lectures attentives et répétées ne permettent pas de voir en quoi les théorèmes qu'il utilise peuvent recevoir une application dans le domaine des affaires publiques. On peut plutôt voir là une source de confusion à propos de la notion de force, à laquelle néanmoins il fait faire des progrès que nous allons indiquer plus loin. Clauses de style, conscience de soi, parti pris d'originalité ? A travers ces éléments caractériels ou avec leur aide, s'élabore une épistémologie qui se refuse à accepter les idées reçues et rejette la pratique aveugle qui se contente d'accumuler des cas particuliers sans aucune référence à un savoir fondamental. Archimède, encore lui, mathématicien et ingénieur, se propose à ce mécanicien, qui refuse tout maître, comme modèle.

Si quelqu'un m'a arraché la palme à ce propos et m'a devancé, je lui en serai très reconnaissant. Ces choses sont cependant au nombre de celles qu'il est dangereux d'exposer devant la foule. C'est pourquoi je pense qu'il faut insister davantage sur la théorie, puisque celui qui s'y sera appliqué pourra la mettre en œuvre sans aucune difficulté, et le fera sans aucun danger puisque cela n'est pas manifeste pour le vulgaire. Sous d'autres rapports il y a un danger que si l'on s'attache à traiter des cas particuliers, les hommes s'en contentent, et ainsi qu'il arrive d'ordinaire négligent la connaissance universelle et la recherche des causes, et que la science périsse. Et pour cette raison, Archimède n'a rien voulu laisser par écrit de ce qu'il avait fait. Jugeant que ceux qui voulaient prendre la peine de s'appliquer aux choses dont il avait laissé la théorie feraient bien davantage chaque fois que cela serait nécessaire.

Dans la suite du traité, Varro déclare n'avoir prêté serment à aucun maître, philosophant librement en se tournant contre les principes établis et reçus. L'exagération est à la mesure de l'effort accompli, qui a dû être grand. Qu'il ait lu Cardan ne nous semble pas douteux, mais le traité qui nous occupe est paru *avant* l'*opus magnum* de Benedetti (1585) et avant l'ouvrage de Stevin (1586). Le *De motu* manifeste les mêmes contradictions qu'eux. Mais le

même air y souffle et il dégage la même liberté d'allures. L'origine de cette liberté, celui qui en a donné l'exemple comme l'instrument, c'est Archimède. Il suffisait d'apprendre de lui à regarder la nature d'une autre façon, à déchiffrer son alphabet, l'alphabet géométrique, composé de poids, de balances et de mouvements. Beaucoup d'érudition s'est dépensée à montrer que tel auteur avait lu tel autre, mais on a négligé le fait qu'au XVIe siècle, grâce aux écrits et à la méthode de la « philosophie mathématique » d'Euclide, d'Apollonius et surtout d'Archimède, en examinant la nature, en étudiant les canons, les moulins à eau ou les poulies, on pouvait découvrir tout un monde plus directement et plus clairement qu'à travers la gangue dont la scolastique avait recouvert de remarquables essais, ceux de Jordan de Némore notamment.

Varro sait que cette science universelle est nécessaire. Il sait aussi que la contemplation des cas particuliers détruit les germes de la science. Aussi veut-il laisser voir, à l'instar d'Archimède, la puissance de la théorie dont il fait découler toute pratique. Ce faisant, on ne se détourne pas du réel, on en retrouve l'essence. Le Syracusain l'a montré en étudiant l'équilibre et chacun peut, *sit venia verbo*, trouver la vérité. Le noyau que recèlent les écrits de Jordan ou ceux de Cardan, comme les lois du mouvement inscrites dans les objets de l'art mécanique, prennent tout leur sens dans ce contexte renouvelé. Même si nous ne connaissons pas les événements qui ont marqué la vie de Varro, l'essentiel est là, et il a jugé bon de nous le dire. A notre tour nous avons pensé qu'il était utile de nous servir de ces éléments pour fixer le cadre culturel dans lequel s'est inscrite cette orientation nouvelle dont les représentants sont Stevin, Benedetti, Cardan et Varro.

A LA RECHERCHE DES CONCEPTS QUI RENDENT LE MOUVEMENT INTELLIGIBLE

Le problème que le traité de Varro se propose d'étudier est le suivant :

> Mouvoir un poids donné au moyen d'une force donnée. Ce problème au premier abord semble assez étonnant, à savoir qu'un poids très grand puisse être mû par des forces très petites, comme si l'on disait, je pense, que par les forces d'un seul homme ou de quelque animal encore plus faible, on puisse déplacer de son lieu tout le globe de la Terre.

L'allusion est claire. Varro reprend l'affirmation : mouvoir la Terre en prenant un point d'appui. Mais il montre qu'Archimède, en faisant cette demande, n'a pas saisi toutes les conditions nécessaires. Au demeurant, le problème de Varro est bien le problème qui se pose à tout mécanicien, à tout constructeur de machines au XVIe siècle. Il croit pouvoir en donner la solution en analysant les fondements théoriques. Nous ne le suivrons pas dans tous les détails. On voit simplement comment son effort se situe entre celui des auteurs des « traités des poids » et celui des auteurs des « traités du mouvement ». De quel mouvement s'agit-il ? Bien entendu du mouvement local.

Définition III. — Nous voulons que l'on entende ici, lorsque nous traitons du mouvement, le mouvement selon le lieu, ce que les Grecs appellent φορὰν.

Varro conserve les distinctions entre mouvement naturel et mouvement violent, entre repos et mouvement, ainsi que la notion de lieu naturel. Le monde dans lequel il raisonne est encore le monde aristotélicien.

Toute force est soit naturelle, soit non naturelle, soit mixte. La force naturelle est celle par laquelle n'importe quelle chose se meut de par sa nature ou résiste au mouvement, en raison tantôt de son lieu naturel, tantôt même de la position de ses parties, etc.

Les mêmes concepts subsistent lorsqu'il traite de la force :

Définition II. — On appelle sujet de la force ce que la force meut. Nous ne traitons pas ici de la force primaire qui est principe de toutes les forces, les meut toutes sans être mue, mais de la force qui, en mouvant, est mue en même temps que le sujet dans lequel elle se trouve. Les sujets qui n'ont aucune force ni ne se meuvent ni ne résistent à ce qui se meut ; mais si quelque force les atteint, alors ils se laissent mouvoir par elle. Quoiqu'il y ait plusieurs genres de forces, à savoir autant qu'il y a dans la nature de choses contraires, etc.

Malgré ses affirmations d'indépendance, dès sa deuxième définition, Varro est en pleine scolastique, ou plutôt il reprend les termes de cette forme nouvelle de la scolastique qui s'est distinguée en élaborant la théorie de l'*impetus*. Ce rappel est nécessaire pour mesurer la difficulté qu'il pouvait y avoir à se libérer d'une conception aussi complète que celle d'Aristote, de même que pour souligner sa coexistence avec des concepts plus nouveaux. Le plein et le vide, le rare et le dense, etc., sont autant de genres de forces.

Mais le lourd et le léger n'ont plus pour Varro le même sens d'opposition absolue. Cette relativité s'exprime de façon curieuse :

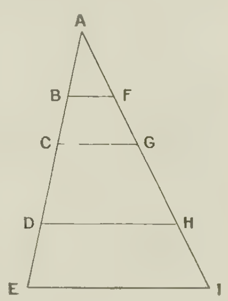
On appelle gravité la force de ce qui repose en son lieu, dont la légèreté est le contraire. Or aucune chose n'est dite légère par elle-même, mais seulement en tenant compte d'un autre lieu que de son lieu naturel. Comme, je pense, si quelque partie du Soleil était portée par quelque force sur la Terre, et abandonnée à elle-même, elle gagnerait aussitôt le Soleil : de même si une partie de la Terre était portée sur le Soleil et abandonnée à elle-même, aussitôt elle s'écarterait du Soleil et se dirigerait à travers le ciel vers la Terre. Donc de même que les parties de la Terre sont graves sur la Terre, de même les parties du Soleil sont graves sur le Soleil ; mais légères sur la Terre, et les parties de la Terre sont légères sur le Soleil (1).

La différenciation qualitative du lourd et du léger subsiste en fonction d'une affinité qui, par la tension d'un jeu de forces, transforme néanmoins le lourd en léger et vice versa. Chaque corps est grave sur la planète qui l'attire, dont il fait partie, comme s'il y avait une gravité particulière à chaque planète. Le pas vers la relativité du lourd et du léger n'est pas franchi, mais la tendance est apparente. Varro n'est pas en avance sur son siècle, il se situe néanmoins à sa pointe. Aussi ne nous étonnerons-nous pas que, lorsqu'il traite de la chute des corps, il connaisse la loi fondamentale qui relie la vitesse au temps ou plutôt à l'espace. Comme l'a déjà remarqué Koyré, ces deux principes sont équivalents, avant Galilée, car, la vitesse se mesurant par l'un ou par l'autre, tant que l'on ne prend pas en considération la cause de l'accélération, aucune dissymétrie n'intervient.

Donc la même force agissant sur un sujet qui est déjà en mouvement le mouvra plus que s'il était au repos ; et s'il est mû davantage le mouvra davantage encore ; de sorte que la même force, en mouvement, sera plus grande qu'elle ne l'est en soi. Et c'est la cause pour laquelle un coup est d'autant plus violent qu'il vient d'un corps plus opposé. Les espaces de ce mouvement conservent le rapport de vitesse, c'est-à-dire que le rapport de la vitesse à la vitesse est le même que celui de l'espace tout entier à la partie de cet espace sur laquelle se fait le mouvement (en prenant le début de tous les deux à l'endroit où est le début du mouvement). Par exemple si quelque force se meut le long de la ligne ABC et que AB est une partie de cette ligne, le rapport de AC à AB sera le même que le rapport de la vitesse du mouvement au point C à la vitesse du mouvement au point B.

(1) Il est probable qu'à ce propos Varro a connu les ouvrages de Nicolas de Cues dans lesquels la hiérarchie spatiale est battue en brèche (« Et il ne faut pas dire que, parce que la Terre est plus petite que le Soleil et en reçoit une influence, elle soit pour cette raison plus vile », *De docta ignorantia*.)

La même proportion est observée dans les parallèles découpant le triangle. En effet, comme AC est par rapport à AB, ainsi CG est à BF ; comme AD est à AC, ainsi DH est à CG. C'est pourquoi si l'espace du mouvement tout entier est divisé en un certain nombre d'espaces égaux, la fin du 2e est faite deux fois plus vite que la fin du 1er et ainsi de suite... Pour cette raison il arrive que la différence de vitesse de ces espaces soit la plus grande au commencement ; au cours de la marche elle diminue toujours, et cependant elle est toujours la même, comme il se passe dans les côtés du presque triangle qui semblent allongés et plus écartés de très loin. Et c'est la raison pour laquelle les rayons du Soleil et de la Lune même s'ils concourent (à savoir dans les corps des astres eux-mêmes ou au delà des objets qu'ils illuminent) apparaissent néanmoins parallèles. C'est aussi pour la même raison que toutes les lignes tombant à la perpendiculaire sur la Terre semblent parallèles même si elles concourent au centre de la Terre. Donc la force naturelle accomplit ce mouvement, pourvu qu'aucun repos n'y fasse obstacle.



Cette dernière phrase, de même que l'ensemble du passage, suggèrent quelque forme élémentaire d'un principe d'inertie. Il s'y trouve en germe, dans la mesure où Varro ne fait pas intervenir l'idée d'un lieu propre vers lequel le corps se dirige ; cette interprétation historique est cependant trop *forte*. On observera que Varro envisage le mouvement de la chute comme un mouvement accéléré. Mais pour lui cette accélération est un *fait*, non pas un phénomène qui appellerait une explicitation conceptuelle. La loi de la chute est en fait la loi de la chute d'un corps ayant une vitesse uniforme. La différence entre les deux vitesses n'est pas saisie et de ce fait elles ne requièrent pas chacune une loi particulière. Si Varro applique une loi qu'il connaît : la vitesse dépend des espaces parcourus, c'est qu'il étudie le mouvement vertical — accéléré — comme s'il s'agissait d'un mouvement horizontal. Le parallélisme sert à conserver l'uniformité : de ce fait, dans la chute, les vitesses varient comme les espaces parcourus. Pour Varro, comme pour tout le XVIe siècle, ceci revient à dire : comme les temps écoulés ; s'il ne le dit pas en propres termes, c'est que la géométrisation de l'espace est une démarche première. Aussi ne se demande-t-il jamais pourquoi le corps tombe. On voit l'hésitation de sa démarche ; l'accélération serait uniforme, mais il parle aussi d'une diminution de cette vitesse, qui, elle, n'a pas lieu, parce que le triangle renvoie, en fait, à des parallèles où « la force naturelle accomplit ce mouve-

ment, pourvu qu'aucun repos n'y fasse obstacle ». L'*impetus* ne s'épuise donc pas. Si la notion d'*impetus* est parfois présente, Varro cependant n'utilise jamais ce terme.

Le texte pèche par manque de clarté et aussi par une surabondance d'idées diverses qui peuvent être abordées par un autre biais : celui du rapport entre force et mouvement. Varro le fait lui-même au début du passage cité. Un certain chevauchement de l'analyse géométrique et de l'analyse dynamique est à la racine de ces obscurités. Les travaux de Duhem et de Koyré en ont montré les raisons profondes et nous ne nous y arrêterons pas davantage.

On aura noté, en passant, qu'il n'est point fait mention dans ce cas de quelque lieu naturel vers lequel le corps ait un penchant particulier. Varro ne procède pas à une critique directe du concept de finalité du mouvement, comme Benedetti, mais il se sert d'une distinction qui, sur le plan mécanique, est plus efficace. Du point de vue des principes fondamentaux, disons philosophiques, la destruction, alors partielle et contradictoire, du cosmos aristotélicien, implique la négation de l'idée que le mouvement d'un corps ait un terme, mais il est néanmoins certain que ce mouvement a un sens. La vectorialisation de l'espace, si l'on peut employer ce terme ici, unit les deux conceptions d'espace homogène et de mouvement dirigé. Varro fait sa place, avec bonheur, à une telle théorie :

Définition IV. — Une ligne droite est celle qui va du lieu où le mouvement commence à se produire à celui vers lequel il tend. La ligne de la force qui accomplit le mouvement s'appelle *nutus* (tendance). La ligne considérée à partir du lieu vers lequel tend la force jusqu'à celui où le mouvement commence s'appelle *contra-nutus*.

Le concept moderne de force est présent dans cette définition, de même que dans celle de la chute : il s'agit d'une force constante. Le rapport entre force et vitesse, pour Varro comme pour toute la mécanique pré-galiléenne, est celui de proportionnalité. L'obstacle sur ce point est considérable, et Varro n'est pas arrivé à résoudre d'une manière satisfaisante son problème initial. Mais si la nature de ce rapport lui échappe, le concept de force lui-même s'éclaircit au cours de son travail. Une longue digression serait nécessaire pour expliquer la différence que la philosophie scolastique faisait entre la force qui meut un corps et la résistance, modalité de conservation ou de modification du mouvement de ce corps. Même dans la théorie de l'*impetus*, l'hétérogénéité qualitative de

la force et de la résistance garde sa portée opérationnelle. Varro ayant en quelque sorte géométrisé le mouvement et conservé comme seule source de différenciation la vitesse, homogénéise les forces en les quantifiant. La seule distinction qu'il garde est celle de leur direction.

Définition I. — On appelle force la puissance d'agir ou de résister à ce qui agit, principalement la puissance de mouvoir ou de résister à ce qui meut.

Le progrès est considérable, car on pourra traiter des forces en considérant uniquement leur *sens*, qui oppose la résistance à l'action, ce qui est juste, et leur quantité, selon la vitesse, ce qui est erroné comme nous savons.

Définition V. — On appelle forces contraires celles qui peuvent produire un mouvement contraire, telles celle qui meut vers le haut et celle qui meut vers le bas, etc. Or on considère dans la force la quantité, parce qu'alors la force est composée de parties dans lesquelles elle peut être divisée à l'infini, et inversement elle peut être augmentée par addition ou multiplication... Et parce que la force est la puissance de mouvoir, les parties de la force seront celles qui accomplissent des parties du mouvement, et la mesure des parties du mouvement sera la même que celle des parties de la force. Et la mesure propre au mouvement est une ligne ou espace...

Les avantages d'une telle conception sont évidents : elle signifie la mathématisation du mouvement (forces, vitesses, espaces, temps). Si la même force est dite selon sa direction de rencontre avec une autre force, action ou résistance, son caractère double et sa nature intime ne peuvent se révéler que dans le choc. C'est effectivement dans le choc que chaque force, dans chaque corps, est à la fois action et résistance, selon le sens de la convergence et la taille des corps. Ce que Varro ne pouvait manquer d'observer en esquissant une étude du choc :

Il y a une certaine division des forces, qui provient de la division des sujets dans lesquels elles se trouvent, ou résulte du rapport de l'une à l'autre. En effet, dans les sujets qui sont homogènes, la force naturelle est également divisée entre les parties ; de sorte que le rapport des forces est le même que le rapport des grandeurs (volumes) sous la même figure ; ainsi, si un globe de quelque métal est le quadruple d'un autre globe du même métal, son poids sera aussi le quadruple du poids de l'autre. Jusqu'ici nous avons considéré la force pour autant qu'elle meut ; il nous reste à considérer la force pour autant qu'elle résiste au mouvement. La résistance a lieu là où deux forces contraires sont en lutte l'une contre l'autre ; en effet si toutes deux sont mues du même mouvement, il n'y

aura aucune résistance mais chacune ajoutée à l'autre formera une force supérieure. Or on dit que des forces sont en lutte lorsqu'elles sont appliquées et se lient de telle sorte que chacune ne puisse se mouvoir le long de sa ligne de force sans que l'autre soit mue à l'encontre de la sienne. Or, des forces étant ainsi liées, il arrive que l'une agisse sur le sujet de l'autre, et l'autre se trouvant dans son sujet résiste au sujet qui est dans la première, de sorte que leurs sujets soient d'une certaine façon opposés (réciproques).

Certes, nier l'apparition d'une résistance quand deux corps se rencontrent en allant dans le même sens, n'est pas correct, mais théoriquement cette façon de voir est heuristique.

Nonobstant cette observation, le raisonnement conserve une grande netteté. Après avoir montré que pour une densité constante le poids varie avec le volume, Varro souligne la relation entre la nature de la force (action ou résistance) et le sens du mouvement des corps. Le choc, par le fait de la rencontre de deux corps se mouvant *en sens contraire* et *liés*, permet d'analyser les rapports qu'il y a entre action et résistance. La notion de liaison n'est pas originale, puisqu'on la retrouve chez Cardan : ce doit être une transposition, datant du XVIe siècle, du plan technique au plan théorique, étant donné la nature des machines employées. La description du choc, de son rôle mécanique et épistémologique, est néanmoins particulièrement précise chez Varro. Les obscurités subsistent autour de la notion de mouvement, et de ce fait il n'aboutit pas à des lois certaines, mais qui l'a pu avant Baliani, Huygens, Wren ou Wallis ? Ses conclusions sur ce point méritent pourtant d'être citées, car elles préfigurent les lois du choc :

I. — Il est manifeste d'après la définition même que la résistance est égale à la force mouvante, dans le même sujet, ou identique à elle. En effet résister c'est ne pas se laisser mouvoir. Autant la force, quelle qu'elle soit, meut son sujet sur sa ligne de force, autant elle ne le laisse pas être mû contre sa ligne de force. Donc la puissance de mouvoir et celle de résister à ce qui meut sont égales dans le même sujet.

III. — Et d'autant plus grand sera le mouvement contraire, d'autant plus elle y résistera. C'est-à-dire : d'autant plus vite on tentera d'arracher une force quelconque à sa ligne de force, d'autant plus elle résistera. A celle qui l'arrache avec une vitesse double, elle résistera deux fois plus... Donc le rapport du mouvement au mouvement sera le même, contre la ligne de force, dans une seule et même force, que le rapport de la résistance à la résistance.

Point n'est besoin de souligner combien ces « lois » et d'autres qui sont énoncées dans le traité restent à un niveau purement

descriptif, celui de l'observation et du sens commun. Il est évident que l' « arrachage » d'un corps est un phénomène réel, mais il fait intervenir d'autres considérations qui ne sont pas pertinentes pour l'étude du choc, où il s'agit d'étudier d'une manière « pure » des relations entre vitesses et masses. Les concepts de force mouvante et de résistance, tels qu'ils viennent d'être dégagés, aident Varro à examiner de nombreuses conditions du mouvement d'un poids, et, entre autres, à ébaucher la notion de travail, telle que Descartes lui-même devait la dégager dans sa célèbre lettre à Huygens :

Donc tout se passe comme si la force mouvante était grande, celle qui doit être mue petite, ou si la première était portée rapidement, l'autre lentement. Autant en effet une force mouvante, si elle est grande, peut mouvoir une force moindre, autant une force petite, mue rapidement, agit sur une force grande mue lentement.

L'analogie du rapport entre poids et bras de la balance, la transformation d'une image « statique » en une image « dynamique » semble avoir dirigé le raisonnement. De ce fait, il est normal que l'on exige un « surplus » de mouvement ou de force afin que l'équilibre puisse être rompu. L'équilibre mécanique et l'égalité arithmétique remplissent une fonction importante dans l'élaboration d'une vision homogène de la force, de l'espace, et c'est là le point de conjonction de la quantification et de la mathématique, la rencontre des deux Archimède : l'ingénieur et le mathématicien. Conjonction historique, bien entendu, car, sans cette superposition de l'équilibre et de l'égalité, aucune mathématisation de l'univers ne serait possible. Dans ce contexte la conservation devient un postulat et une condition.

Rompre l'équilibre, réaliser l'équilibre, ces formules résument les relations entre les poids. Pour rompre l'équilibre, il faut ajouter une quantité supplémentaire, nous le savons intuitivement. La vérité n'est pas absolument coextensive à cette intuition géométrisante lorsqu'il s'agit du mouvement.

Si en effet le rapport des vitesses est égal au rapport inverse des forces, il n'y aura pas de mouvement ; comme si le poids A de quatre livres était opposé au poids B d'une livre. Ils sont liés de telle sorte que, pendant que A parcourra un espace, B en parcourra quatre — de sorte que le mouvement de A est quatre fois plus lent que le mouvement de B et qu'il n'y aura pas mouvement, parce que l'excès du poids A sur le poids B est compensé par la lenteur du mouvement de A par rapport au mouvement de B. En effet, c'est la même chose de mouvoir une livre sur 4 espaces

ou 4 livres sur un espace dans le même temps. Si donc à l'un ou l'autre des poids ainsi constitués on ajoute une petite quantité de force, ce qui a été ajouté fera mouvoir l'autre.

Ni la notion ni le principe du travail ne sont clairement dégagés : mais il est certain que c'est là une des voies qui ont mené à leur éclosion. Nous ne commettrons pas l'erreur de dire que Varro *connaissait* ou *appliquait* le principe dont seul Descartes a saisi la généralité. Car il semble simplement avoir décrit, avec beaucoup de pénétration, des situations et des mouvements dans lesquels ce principe se manifeste. Toute autre supposition serait une de ces hardies généralisations qui font reculer à l'infini l'origine d'un concept au lieu d'en étudier l'évolution. L'à-peu-près du texte que nous venons de citer préfigure un autre texte plus classique :

Et ce principe ne peut manquer d'être reçu, si on considère que l'effet doit être toujours proportionné à l'action qui est nécessaire pour le produire : de façon que, s'il est nécessaire d'employer l'action par laquelle on peut lever un poids de 100 livres à la hauteur d'un pied seulement, celui-ci doit peser 200 livres. Car c'est le même de lever 100 livres à la hauteur d'un pied, et derechef encore 100 à la hauteur d'un pied, que d'en lever deux cents à la hauteur d'un pied, et le même aussi que d'en lever cent à la hauteur de deux pieds (1).

La pensée de Varro est beaucoup moins claire sur ce point. Elle se meut à travers des contradictions insolubles. D'une part homogénéisation du mouvement, de la force, d'autre part persistance de notions et de lois propres à un univers que Varro est en train de dépasser mais à l'intérieur duquel il continue à se mouvoir. Le naturel et le violent, le haut et le bas, la proportionnalité de la vitesse et de la force constituent encore l'essentiel de sa théorie du mouvement. Mais déjà son raisonnement se rapproche du type mathématico-logique propre aux mécaniciens grecs classiques. Le mouvement n'est plus pour lui le mouvement circulaire des astres, celui du bras de la balance s'y substitue, et le modèle de l'équilibre chasse la tendance familière du corps à se trouver en son lieu. Le XVIe siècle, ceci est clairement perceptible dans le traité de Varro, a trouvé une méthode nouvelle, une forme et une conception nouvelle du savoir, mais le contenu reste encore imprégné de l'enseignement aristotélicien et scolastique.

Les obstacles théoriques et pratiques qu'entraîne cette oppo-

(1) Lettre de Descartes à Huygens, 5 oct. 1637.

sition entre « esprit » — forme et programme — archimédien et univers — principe et contenu — aristotélicien, non seulement expliquent les échecs signalés mais font comprendre la direction de tous les efforts ultérieurs : il s'agit de faire éclater cette opposition, dont les racines sont encore plus profondes qu'on ne le montre ici. Par son caractère limité, justement, le traité *De motu* donne plus de relief à ce fait qui marque également tous les contemporains de Varro.

QUELQUES CONTRIBUTIONS FÉCONDES

Lorsque les historiens des sciences du XIXe siècle ont parlé de Varro, ils ne l'ont fait qu'à propos de son analyse du coin. Sur ce point il semble incontestable que Varro est allé loin dans la compréhension du théorème de la composition des forces. Le coin lui apparaît comme un triangle rectangle, ou comme triangle rectangle « de forces » qui peuvent être en équilibre. Nous voulons croire qu'en l'occurrence c'est parce qu'il avait une notion claire de l'équilibre qu'il a été conduit à chercher à rendre compte d'une série de liaisons par une composition rationnelle des termes.

Si deux forces égales entre elles sont appliquées à un triangle rectangle, dont un des deux côtés qui constituent l'angle droit est la ligne d'application, et qu'une des deux forces se meuve le long de ce côté, l'autre le long du côté opposé à l'angle droit, le rapport de ce côté à l'autre sera le même que le rapport de la résistance de la 2e force à la résistance de la 1re force. Et la proportion des deux côtés peut augmenter ou diminuer à l'infini, donc aussi la résistance des forces qui leur sont appliquées. De cette façon nous pouvons donc utiliser l'angle ou le triangle pour effectuer des mouvements, en maintenant celui-ci immobile et en déplaçant les forces le long de ses côtés. Mais nous pouvons l'employer encore d'une autre façon, à savoir en déplaçant le triangle lui-même qui est alors appelé coin. Lorsque nous nous servons de ce moyen, il importe de disposer les forces de telle façon que l'une d'entre elles s'appuie sur un des côtés constituant l'angle droit, l'autre sur le côté qui soutient cet angle. En effet l'une sera déplacée autant que le côté sur lequel s'appuie l'autre. Soit par exemple le triangle ABC dont l'angle B est droit, le côté qui le soutient est AC, la force D s'appuie sur le côté AB, la force E sur le côté AC, et la force D a pour ligne d'application BC et la force E pour ligne AB. On élève la perpendiculaire CF au point C à BC, égale à AB, de laquelle la force E ne s'écartera pas. Si le triangle est mû sur un plan fixe, pendant que AB se déplacera vers la position CF, la force D sera mue sur sa ligne d'une longueur égale à la ligne BC, la force E sera mue sur la ligne d'une longueur égale à AB. Comme le rapport des côtés peut être augmenté et diminué à

l'infini, même des mouvements des deux extrêmes peuvent être constitués dans le rapport donné. En effet, tel sera le rapport de BC à AB, tel sera le rapport du mouvement de la force D à celui de la force E.

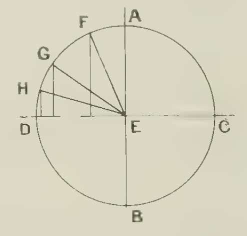
Nous avons dit précédemment que la représentation de l'équilibre, devenu un concept opérationnel, a conduit Varro à la découverte de la composition des forces et à sa démonstration. Il paraît nécessaire d'ajouter qu'il n'y a aucune difficulté à montrer, par des voies indirectes, que cette idée de composition résulte de l'approfondissement de la notion de force et même — nous le disons avec quelque réticence — de celle de travail. Nous ne donnons pas cette démonstration dont rien de bien neuf ne pourrait résulter.

L'éloquence avec laquelle Varro explique le coin en combinant deux mouvements hypothétiques est plus digne d'attention, car elle témoigne de sa maîtrise du raisonnement mécanique. Aujourd'hui — une fois écartées les obscurités dues à un contexte spécifique — tout cela, devant la complexité à laquelle d'autres auteurs nous ont habitués, paraît simple. Cependant il ne faudrait pas oublier qu'à ses débuts la mécanique fut une mécanique du triangle. Le plan incliné, la chute des corps, le coin, le parallélogramme des forces, même les trajectoires paraboliques du jet, avec toutes leurs lois et leurs relations, ont été autant de manières d'exprimer les lois et les relations du triangle pythagoricien. Mécanique de la balance et du plan incliné, n'ayant à sa disposition que les *Éléments* d'Euclide et le *Traité* d'Apollonius, elle découvrit par ce moyen toutes les vérités que nous connaissons, avant que le pendule serve à décrire ses courbes.

Le plan incliné, machine destinée par excellence à mouvoir un grand poids à l'aide d'une force petite, triangle rectangle comme le coin, ne pouvait manquer de se proposer à la réflexion de Varro. Les prémisses de ses remarques, où il fait intervenir les notions scolastiques de lieu naturel, ou de ligne d'application, ne font que témoigner à nouveau de la contradiction que nous avons déjà signalée, mais ne sont pas essentielles à son traitement du problème du plan incliné.

La partie proprement mécanique de son raisonnement le rapproche davantage de Ubaldi, dont nous n'avons aucun motif de croire que Varro ait ignoré l'œuvre. Dirons-nous que Varro est plus clair que Cardan et très proche de Galilée ? Au lecteur d'apprécier.

Soit par exemple AB la ligne d'application d'une force quelconque, disons un poids, et soit A vers le haut et contre la ligne d'application, B vers le bas et suivant la ligne d'application et que soit décrit le cercle dont AB est le diamètre, que CD, un autre diamètre, coupe à angles droits au centre E ; donc toutes les lignes menées du centre E vers la circonférence du cercle, qui tombent dans le demi-cercle CAD, sont dites monter contre la ligne d'application, en tant qu'elles sous-tendent la circonférence, mais en tant qu'elles tendent vers le centre on dit qu'elles descendent ; au contraire toutes celles qui sont menées dans la semi-circonférence CBD à partir du centre vers la circonférence sont dites descendre vers la circonférence et monter vers le centre ; donc celles qui seront obliques sont dites être portées vers ou contre la ligne d'application ; mais la droite CED ne monte ni ne descend. Les lignes qui coupent celle-ci à angle droit seront les lignes d'application parce qu'elles sont parallèles à la ligne AB. Si donc, à partir du centre E, on mène des lignes vers la circonférence entre A et B, je pose EF, EG, EH, desquelles EF est la plus proche de la ligne AB, EH la plus proche de la ligne CD, et que sur ces lignes se meuvent contre la ligne d'application trois forces égales, dans le même temps, de telle sorte que la première arrive sur la ligne EF au point F, la seconde sur EG au point G et la troisième sur EH au point H, je dis que la résistance de la force portée sur EF sera plus grande que celles des forces portées sur EG ou EH, et que la résistance de la force qui sera mue sur EG sera plus grande que celle de la force mue sur EH. En effet menons à partir des points F, G, H, les perpendiculaires à la ligne ED : FK, GL, HM, ce seront les lignes d'application ; on jugera que la première force est mue d'autant que FK, la seconde autant que GL, la troisième autant que HM.



« Pour ce qui est du rapport du mouvement au mouvement dans les forces égales, d'après la quatrième conclusion de ce traité, il est le même que le rapport de la résistance à la résistance ; pour ce qui est du rapport des lignes perpendiculaires entre elles, ce sera le même que le rapport des résistances des forces mues sur les lignes obliques auxquelles sont menées ces perpendiculaires et plus ces perpendiculaires sont rapprochées du diamètre du cercle, AB, plus elles sont longues, d'après la 4e proposition des *Éléments* d'Euclide, donc les forces transportées sur ces lignes qui sont menées à partir de leurs extrémités auront les résistances les plus grandes ; et plus elles s'approchent de AB, plus elles s'éloignent de CD ; donc plus elles s'approchent de ED, d'autant moindres seront leurs résistances. »

Nous ne citerons pas les textes bien connus de Galilée, d'Ubaldi ou de Cardan aux fins de comparer. La sagacité de Varro dans les matières mécaniques nous semble suffisamment établie, d'autant plus qu'après Cardan, mais d'une manière plus rigoureuse, il met

au centre de ses réflexions sur les machines la *négation du mouvement perpétuel.* L'important traité de Stevin portera sur sa couverture le plan incliné et la devise « Le miracle n'est plus un miracle » qui deviendra une image d'Épinal, mais il semble bien qu'au XVIe siècle le principe du mouvement perpétuel ait perdu tout crédit auprès des mécaniciens sérieux, c'est-à-dire mathématiciens et archimédiens. Varro n'est pas des plus grands, et la façon dont il en parle donne bien l'impression qu'il s'agit là d'un *consensus omnium.* Duhem cite Léonard de Vinci et Cardan, avant Stevin, comme étant les seuls à avoir rejeté ce principe ; or, non seulement Varro le fait, mais lorsqu'il mentionne l'abandon de ce principe il donne l'impression qu'il s'agit là d'un truisme.

Pour conclure donc ce petit traité, ou le resserrer en une somme, pour produire du mouvement il faut considérer trois choses : la force par laquelle nous voulons effectuer le mouvement, la force que nous voulons mouvoir, et le mouvement dont nous voulons la mouvoir. Deux quelconques d'entre elles déterminent la troisième. En effet si nous voulons mouvoir une grande force à l'aide d'une petite, nous ne pouvons la mouvoir que d'un petit mouvement, Si au contraire nous voulons mouvoir quelque force d'un grand mouvement, il faut pour cela une grande force motrice. Si nous voulons effectuer un grand mouvement à l'aide d'une petite force, il faut que la force qui doit être mue soit petite. Par exemple, si nous voulons mouvoir 100 livres à l'aide de 1 livre, il faut que le mouvement soit centuple. Si nous voulons au moyen de 1 livre mouvoir une autre force de façon qu'elle soit mue 100 fois plus vite que le poids de 1 livre, il faut que cette force soit la 100e partie de 1 livre. Si nous voulons mouvoir 1 livre de sorte qu'elle se meuve 100 fois plus vite que la force qui la meut, il faudra pour cela une force 100 fois plus grande. Et la nature ne souffre pas que dans tout ceci une force naisse ; en effet, si la proportion de cette façon pouvait être par quelque moyen brisée, il y aurait « mouvement perpétuel », ou, ainsi qu'on le nomme, « mouvement perpétuel dans la matière perpétuelle ».

Le début du texte que nous venons de donner révèle l'existence d'une conscience claire des conditions cinématiques d'opération d'une machine, une machine du XVIe siècle s'entend. Après avoir saisi le problème dans toute sa généralité et défini ce que l'on pourrait appeler un système, Varro montre que la condition d'existence d'un tel système est l'équilibre, ou encore la conservation quantitative de l'ensemble mouvement-force, sans qu'aucun élément étranger n'intervienne. Le texte est clair : « la nature ne souffre pas que dans tout ceci une force naisse ». Les origines et les fonctions d'un tel principe de conservation — vague mais

efficace — sont doubles : théoriques et pratiques à la fois. L'application des raisonnements mathématiques aux problèmes mécaniques exige à la fois la quantification et la possibilité de désigner les points d'équilibre à l'intérieur d'un système. L'identification de l'égalité et de l'équilibre — pour les cas simples qui intéressaient les mécaniciens du XVIe siècle — supposait un ordre où la nature des termes ne peut pas changer de façon aléatoire ou arbitraire. Les spéculations d'Archimède portaient sur des systèmes coordonnés, encore qu'il ne se soit pas posé la question dans toute sa généralité. Sous une forme ou sous une autre, toutes les tentatives de mathématisation des phénomènes naturels exigent que « quelque chose se conserve » ou que la définition des systèmes soit telle que rien ne puisse être créé de rien. On connaît les admirables travaux de E. Meyerson sur cette question, point n'est donc besoin d'insister sur le fait qu'à partir du XVIe siècle, on a toujours cherché à élaborer de tels principes d' « égalité. »

Varro s'y appuie d'une manière toute « moderne » ou toute « ancienne », mais en se séparant nettement des perspectives courantes parmi les doctes de son époque. Dans ses ouvrages bien connus, Duhem a fait de Cardan le chaînon qui mène du « pillage » des manuscrits de Léonard de Vinci à Stevin. On ne sait pas si cette filiation est nécessaire, elle est de toute manière plausible. Varro ne fait pas état de Cardan ; le seul auteur dont il soit question dans son traité est Archimède. Son écrit témoigne du fait qu'avant Stevin un mécanicien habile, versé dans les mathématiques, réfléchissait comme si le mouvement perpétuel était impossible. Ici nous retrouvons les origines pratiques de cet état de choses. La question fondamentale est celle de la production du mouvement. Les penseurs grecs et ceux du Moyen Age ne se la posaient point, car la plupart des machines connues étaient mues par la force animale. L'extension de l'emploi de l'eau comme force motrice permettait d'observer quotidiennement que le mouvement transforme cette force motrice et qu'il ne peut excéder une certaine proportion, c'est-à-dire qu'il ne peut y avoir plus de mouvement qu'il n'y a de force. Concevoir une machine revenait à utiliser une telle force qui s'accroît en rapport avec le mouvement, lequel à son tour dépend de la force. Les constructeurs de moulins ne pouvaient donc pas prétendre construire des machines dont les roues tournent pendant un laps de temps indéterminé ou à une vitesse qui ne tienne pas compte des disponibilités motrices.

Léonard de Vinci et Cardan ne font que répondre à cette question. Stevin et, à notre avis, Varro, se placent à un point de vue plus général, on pourrait aussi ajouter que c'était le point de vue commun à tous les mécaniciens. Ainsi le rejet du mouvement perpétuel s'imposait pour des considérations pratiques. Il est intéressant de signaler que Varro ne s'arrête pas là et approfondit davantage la connexion entre mouvement et force, pour montrer la nécessité d'emmagasiner cette dernière et de ce fait la rendre potentielle.

Or, en ce qui concerne les forces de cette espèce, on ne peut rien percevoir de sûr, si ce n'est que, regardant l'avenir, on enlève à loisir de leur lieu naturel beaucoup de choses afin de s'en servir lorsqu'il sera nécessaire pour produire des mouvements. Pour cela, autant on aura de forces à sa disposition, autant on pourra produire de mouvements. Donc ce qu'il y a de remarquable dans la construction de ce problème est que nous soumettons à notre puissance des forces aussi grandes que possible, en disposant à l'avance des forces naturelles à l'aide de forces volontaires ou accidentelles, ou en employant celles préparées par la nature qui sont soumises à notre puissance. Toutes ces choses, si les mortels y prenaient garde, pourraient se faire, de même que d'autres que nous enseignerons, Dieu nous conduisant. Or, des forces qui consistent dans un rapport de rareté et de densité, la plupart de leurs sujets sont en notre pouvoir ; en effet il y a beaucoup de sujets naturels en mouvement mais peu qui soient de force dense. Si un de ces sujets dont la force est à portée de la main est à ce point raréfié que le mouvement ne puisse être produit d'aucune façon, et qu'il soit enfermé en quelque lieu étroit, le mouvement se produit alors ; puisque les choses rares occupent plus de place que les denses, il arrivera que le lieu se dilate en toutes ses parties, et ses parties tenant moins ensemble seront poussées dans une proportion égale au rapport du volume de la chose raréfiée au volume de la même quand elle est dense. Or la force de la rareté est à portée de la main dans la composition du soufre et du nitre ; de cette façon donc, et à l'aide de sujets semblables, on peut effectuer des mouvements donnés sur une force donnée.

Les termes sont clairs : s'il n'y a pas de mouvement perpétuel, c'est-à-dire si la force est déterminée, nous pouvons la maîtriser. Le problème essentiel n'est pas tant de dépenser immédiatement des forces que d'en disposer à l'avenir. Se rendre « maîtres et possesseurs de la nature » revient à chercher de tels moyens de conservation. Et Varro, d'une manière on ne peut plus intelligible, en indique un : l'utilisation des explosions. La machine à vapeur à été précédée par des tentatives de transformation de l'explosion en source de mouvement. Dans *De motu tractatus* nous voyons que ce programme

était clairement perçu au XVIe siècle déjà. Les arguments ne sont pas à dédaigner : ils sont théoriques, scientifiques. Rien qui fasse penser à quelque rappel d'analogies courantes, mais une analyse pertinente, pour l'époque, du phénomène. Puisque le dense produit le mouvement, rendons denses les choses rares en les concentrant dans un cadre limité, et laissons-les agir. Le système de conservation de ces forces prend à la fois un sens littéral et un sens figuré et, par un glissement analogique dont la science est plus coutumière qu'on ne veut le reconnaître, l'essentiel se manifeste aussi bien sur le plan de la conception que sur celui de l'application.

SCIENCE ET PRATIQUE

Dans la préface de son traité, Varro a averti ses lecteurs qu'il est dangereux de s'attacher « à traiter des cas particuliers, les hommes s'en contentent et ainsi qu'il arrive négligent la connaissance universelle et la recherche des causes » (avec pour conséquence que) « la science périsse ». On voit ici poindre un des thèmes fondamentaux du XVIe siècle. La « science » scolastique ne pouvait pas répondre aux questions que posaient les « cas particuliers », et de ce fait elle était incapable de satisfaire aux exigences d'une technique en expansion. Mais les techniques elles aussi se condamnaient à la stérilité, et leur développement comme autant de « cas particuliers » allait à l'encontre du développement du savoir, car c'était le vouer à dépérir que d'oublier la vocation d'universalité des conquêtes de l'homme. La multiplication des découvertes, sans égard à la connaissance, était une menace, une source d'obstruction, bref un retour à un obscurantisme d'une autre nature. Les théories « locales », les descriptions minutieuses, ne font pas la science ; dans un sens, elles s'en éloignent. A la base de toute application, Varro place la connaissance universelle. L'exemple d'Archimède était à ce propos topique. Les courants divergents — philosophie scolastique et technique, extension de la technique et généralisation de la philosophie mathématique — l'opposition même entre les deux philosophies, caractérisent bien la nature profonde du XVIe siècle. Archimède, figure quelque peu ambiguë : artisan pour Scaliger, premier philosophe, ingénieur, mathématicien pour Varro, Stevin ou Cardan, domine les débats.

Pour Varro aucun doute n'est possible : la science est à la base de toute pratique mécanique éclairée. Les obscurités du traité

qu'il écrit sont censées être claires pour les mécaniciens qui savent le lire. Quelle science ? Bien entendu celle d'Archimède, celle qu'il défend contre les doctes et la foule, celle des hommes qui, comme lui, pensent librement. « D'après ce qui a été dit, un mécanicien d'esprit moyen pourra les adapter selon ses besoins. » Penser librement, même s'il s'agit de corriger Archimède :

En effet, dans ces choses agissent deux forces et si le centre n'est pas fixe, un mouvement sera produit dans la machine elle-même. C'est pourquoi elle se disloquera, et c'est pourquoi la demande faite par Archimède dans le problème « donne-moi un point pour que je remue la Terre » semble défectueuse : parce qu'elle consiste en ce qu'il réclame qu'on lui donne seulement un lieu, alors qu'il aurait dû demander en outre qu'on lui donne les liens, etc.

La correction est importante, et l'esprit archimédien est libre, si l'on envisage, en regard, la philosophie aristotélicienne, justement parce qu'il ne fait que proposer un instrument, une forme, un programme, sans fermer la voie à une observation rationnelle des phénomènes. Cependant, Varro le sait, la science n'est pas la technique ; son application ne conditionne pas ses démarches. Et c'est là une autre source de libération, car la science ne doit pas traduire d'une manière détaillée tous les accidents secondaires.

Or ceci, ainsi que ce que nous avons dit à propos du mouvement augmentant ou diminuant à l'infini, il faut le comprendre de telle sorte que nous sachions que les choses infinies n'entrent pas dans la puissance des hommes, de quelque artifice qu'ils se servent. En effet la réflexion géométrique s'étend à l'infini, mais il y a des limites précises au delà desquelles la nature des choses ne nous permet pas d'avancer ; il y a des imperfections de la matière, à cause de cela, dont la géométrie ne tient pas compte, elles n'empêchent cependant pas que ce qui est proposé soit vrai dans l'intelligence ; mais si ce qui est proposé est tel qu'il puisse être utilisé dans un ouvrage pratique, le géomètre l'examinera en tenant compte des circonstances, en outre du temps qui lui est imparti, et des dépenses que pourra faire celui qui lui propose quelque chose à faire — s'il y pourvoit abondamment, tout le possible pourra être fait.

Les commentaires sont superflus en présence d'une pensée aussi sûre. Galilée répond-il autrement à ceux qui le critiquent ? En d'autres termes, certes, mais la pensée est la même. Seulement lui, il fait le pas décisif, il consomme la rupture avec bon nombre de contradictions dans lesquelles Varro et les philosophes avertis de son siècle baignent.

A dessein nous avons écarté de ces notes tous les aspects histo-

riques même capables d'éclairer davantage le sens de ce qui vient d'être dit. On pourrait même être tenté de penser qu'en examinant le problème des rapports entre science et application nous avons débordé notre sujet, tout en n'apportant aucune lumière nouvelle sur Varro. Qu'on veuille bien se rappeler que le propos du traité que nous avons étudié est de servir à ceux qui veulent construire des machines, comme la plupart des traités portant le même titre. Aussi ne pouvions-nous passer sous silence une pratique qui, pour négligeable qu'elle soit dans l'histoire des idées scientifiques, revêt une importance certaine dans l'œuvre même. L'intérêt du *De motu* pour nous résidait dans cette possibilité de percevoir, à travers un écrit honnête, l'image d'un siècle où le mouvement de la science présente quelques caractères paradoxaux. Si, de surcroît, quelques rectifications s'avèrent nécessaires dans l'histoire de la mécanique, nous ne saurions dire que nous les avons recherchées (1). Rien ne saurait être exhaustif dans l'ordre de l'inventaire, et la compréhension est le seul bien certain que l'on puisse attendre de l'examen minutieux d'un des siècles dont la grandeur est propre à enflammer les imaginations les moins poétiques.

Serge Moscovici.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Benedetti (G.-B.), *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum libri*, Turin, 1585.
(2) Cardan (G.), *De subtilitate*, 1551. *Opus novum de proportionibus*, 1570.
(3) Dugas (R.), *Histoire de la mécanique*, Paris, 1950.
(4) Duhem (P.), *Les origines de la statique*, 2 vol., Paris, 1907.
(5) Koyré (A.), *Études Galiléennes*, t. II : *La loi de la chute des corps*, Paris, 1939.
(6) Mach (E.), *La mécanique*, Paris, 1925.
(7) Meyerson (E.), *Identité et réalité*, Paris, 1926.
(8) Rosenberger (F.), *Geschichte der Physik*, 3 vol., Braunschweig, 1882-90.
(9) Stevin (S.), *De Beghinselen der Weegheonst*, Leyde, 1586 (trad.).
(10) Whewell (W.), *History of the Inductive Sciences*, 3 vol., Londres, 1837.
(11) Wohlwill, Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes, *Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft*, vol. XIV.

(1) Dans un ouvrage récent de caractère encyclopédique, supposé ne pas se contenter d'approximations, on peut lire que le mécanicien considéré comme étant le premier à fournir une évaluation correcte du principe de composition des forces est Stevin.

Réaumur mathématicien

Lorsque, le 14 mars 1708, Réaumur, âgé de 25 ans, fut désigné par l'Académie royale des Sciences de Paris comme élève géomètre de Varignon, son œuvre scientifique était encore inexistante. Cependant, dès le 14 mai 1708, le jeune homme présentait devant l'Académie un mémoire de géométrie analytique et infinitésimale qui fut bientôt suivi de deux nouvelles études d'inspiration analogue, présentées les 4 mai et 4 juin 1709. Bien que n'étant pas de toute première importance, ces mémoires, publiés dans l'*Histoire de l'Académie royale des* Sciences, semblaient annoncer les débuts de la carrière d'un mathématicien de talent. Mais en fait, ce furent là les seuls travaux mathématiques de Réaumur qui, dès lors, abandonna les recherches abstraites pour se consacrer aux études de sciences naturelles, de technologie et de physique, domaines où, on le sait, il réalisa une œuvre d'une ampleur et d'une portée considérables.

Bien qu'écrasés par le volume et le renom de ses autres publications, les trois mémoires que Réaumur consacra aux mathématiques méritent toutefois d'être rapidement analysés, ne serait-ce que parce qu'ils mettent en lumière des qualités de méthode, d'intuition et de clarté qui se retrouveront sous d'autres formes dans ses œuvres ultérieures. Tel est l'objet de la présente étude qui n'a pour ambition que de présenter un aspect peu connu de l'œuvre du grand naturaliste.

Notons tout d'abord qu'au cours de ces deux courtes années où Réaumur semble s'orienter vers les mathématiques, la production française dans ce domaine est assez réduite. Les volumes publiés par l'Académie royale montrent en effet une nette prédominance des recherches d'astronomie, de météorologie, de physique et de sciences naturelles. Les seuls auteurs qui, en dehors de Réaumur lui-même, se hasardent à publier des mémoires d'algèbre, d'analyse, de géométrie infinitésimale ou de mécanique sont trois académiciens confirmés : Philippe de La Hire (1640-1718), Michel

Rolle (1652-1719) et Pierre Varignon (1654-1722) et trois savants plus modestes : Joseph Saurin (1655-1737), rédacteur du *Journal des Savants* nouvellement élu comme pensionnaire géomètre, Antoine Parent (1666-1716) et François Nicole (1683-1758). Les échos de la querelle qui opposa devant l'Académie de Paris, aux alentours de 1700, partisans et adversaires de la nouvelle analyse, ne sont d'ailleurs pas encore éteints et l'école française ne participe encore qu'avec quelque timidité à l'exploitation des immenses possibilités ouvertes par la mise au point progressive des méthodes du calcul infinitésimal. Il semble que, poussé probablement par Varignon, Réaumur ait effectivement songé à faire carrière dans ce domaine des mathématiques où la recherche se présentait alors sous un aspect aussi favorable. Probablement serait-il devenu rapidement l'un des chefs de file de l'école française, si ne s'était manifestée une vocation irrésistible pour l'étude des sciences naturelles qui l'amena à un brusque abandon de ses premières recherches. La brève analyse qui suit montre en effet les indéniables qualités de mathématicien de l'illustre naturaliste.



La première œuvre scientifique de Réaumur est un mémoire présenté devant l'Académie le 19 mai 1708, soit quelques mois seulement après sa désignation comme élève géomètre auprès de Varignon. Travail de commande, peut-être, ce mémoire consacré à l'étude d'une classe générale de courbes (1) est celui d'un bon élève qui, sans faire preuve d'une grande originalité, généralise une méthode de construction précédemment utilisée, dans le cas particulier de la cissoïde, par Louis Carré (1663-1711) (2). Il s'agit de la détermination et de l'étude de la courbe (Γ) engendrée par la seconde extrémité d'un segment de droite de longueur donnée, assujetti à passer par un point fixe A et dont la première extrémité décrit une courbe donnée (C). En fait, ce problème qui correspond à l'étude d'une conchoïde générale, n'était nouveau que par l'emploi

(1) Manière générale de trouver une infinité de Lignes courbes nouvelles, en faisant parcourir une ligne quelconque donnée, par une des extrémités d'une ligne droite donnée aussi, & toujours placée sur un même point fixe, par M. de Réaumur (*HARS*, Année 1708, Paris, 1709, *Mémoires*, pp. 197-211). L'analyse et le commentaire de ce mémoire par Fontenelle se trouvent dans la partie *Histoire* de ce même volume, pp. 82-84.

(2) Examen d'une Courbe formée par le moyen du Cercle (*HARS*, Année 1705, Paris, 1706, *Mémoires*, pp. 56-61).

systématique des méthodes analytiques et infinitésimales dans le calcul de l'équation de la courbe, l'étude de sa forme, la détermination de ses points particuliers et de ses tangentes et sa quadrature. Ces méthodes sont appliquées à quelques exemples où la courbe génératrice est une droite, une parabole avec point fixe situé sur son axe, une ellipse avec point fixe sur son axe principal, une hyperbole équilatère, par rapport à son centre et une courbe d'équation $c^m y^n = a^n x^m$, par rapport à son centre.

Les deux autres mémoires mathématiques de Réaumur, présentés le 4 mai et le 4 juin 1709 et publiés dans le recueil de l'Académie pour 1709 (1), se rapportent à un même sujet, beaucoup plus original : l'extension de la notion de développée d'une courbe par l'étude de l'enveloppe (Γ') de la famille des droites D′ qui, en chaque point d'une courbe donnée (C), font un angle donné α avec la tangente à (C) (le cas où $\alpha = 90°$ correspond évidemment à la développée ordinaire (Γ)).

Introduite en 1673, dans l'*Horologium oscillatorium* de Huygens, la théorie des développées et des développantes avait été l'objet de plusieurs travaux de Leibniz et de son école et, plus récemment, G. de l'Hôpital et Varignon avaient repris l'étude de ce problème et avaient présenté sous une forme nouvelle la détermination des formules donnant le rayon de courbure d'une courbe et l'équation de sa développée. Dans son mémoire du 4 mai 1709, Réaumur, généralisant la définition de la développée comme enveloppe des normales à la courbe (C), montre que l'intersection N de deux droites D′ infiniment voisines, est la projection sur l'une d'elles du centre de courbure I, intersection des deux normales à (C) infiniment voisines : D, qui correspondent aux deux droites D′ choisies. Après avoir énoncé plusieurs corollaires, il déduit l'équation de la courbe (Γ'), lieu des points N, de la formule donnant le rayon de courbure. Il montre ensuite que la courbe (Γ') est l'enveloppe des

(1) Méthode générale pour déterminer le Point d'intersection de deux Lignes droites infiniment proches, qui rencontrent une Courbe quelconque vers le même côté sous des angles égaux, moindres ou plus grands qu'un droit : Et pour connoître la nature de la Courbe décrite par une infinité de tels points d'intersection, par M. de Réaumur (*HARS*, Année 1709, Paris 1711, *Mémoires*, pp. 149-162). L'analyse et le commentaire de Fontenelle se trouvent dans ce même volume (*Histoire*, pp. 64-66).

Formules générales pour déterminer le point d'intersection de deux lignes droites infiniment proches, qui rencontrent une Courbe quelconque vers le même côté sous des angles égaux, par M. de Réaumur (*HARS*, Année 1709, Paris, 1711, *Mémoires*, pp. 185-192). Le commentaire de Fontenelle cité plus haut s'applique également à ce mémoire.

droites D′, considère cette courbe comme « une espèce de caustique par réfraction » correspondant au cas où les rayons lumineux frappant la courbe (C) feraient toutes le même angle avec la normale aux points d'incidence ; il calcule également le rapport de l'aire comprise entre (C) et (Γ′) à l'aire comprise entre (C) et (Γ). Réaumur applique ensuite cette analyse générale à deux exemples : celui d'un quart de cercle (la courbe (Γ′) est un cercle) et celui d'une spirale logarithmique (la courbe (Γ′) est une autre spirale logarithmique).

Conçu à l'instigation du P. Thomas Gouye (1650-1725), académicien honoraire, ancien professeur de mathématiques au Collège Louis-le-Grand, le mémoire du 4 juin 1709 a pour objet de montrer que le problème traité peut être étudié sans supposer la connaissance préalable de la formule donnant le rayon de courbure de la courbe (C). Réaumur y détermine directement le rayon de la courbe (Γ′) que Fontenelle dénomme « développée imparfaite ». Le cas de la développée ordinaire apparaît ainsi comme un simple cas particulier correspondant à $\alpha = 90^o$, et l'auteur montre que l'on peut ainsi obtenir les formules classiques donnant les coordonnées du centre de courbure.

Tels sont les seuls apports de Réaumur dans le domaine des mathématiques. Malgré la modestie de leur contenu, on ne peut manquer de reconnaître les qualités indéniables qui se manifestent dans la rédaction de ces trois mémoires. Le second en particulier, traitant d'une façon élégante une question nouvelle non dénuée d'intérêt, valut à Réaumur d'être considéré, à juste titre, comme le créateur de la notion de « développée imparfaite » (1). Ce seul fait méritait que soit rappelée la brève carrière mathématique de l'illustre auteur des *Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes* et des célèbres travaux sur la métallurgie.

René TATON.

(1) Cf. D. J. STRUIK, « A history of differential geometry », *Isis*, vol. 19, 1933, pp. 92-120, voir en particulier p. 99 ; N. NIELSEN, *Géomètres français du dix-huitième siècle*, Copenhague-Paris, 1935, pp. 370-74.

Réaumur botaniste

Réaumur nous a laissé plusieurs travaux de Botanique, en particulier sur les Cryptogames, et plus spécialement sur les Algues marines, qui présentent un grand intérêt historique, encore qu'il n'en soit généralement pas fait mention — ou à peine — dans les biographies de Réaumur : et en particulier dans l'excellente étude que lui a consacrée le Dr Torlais.

Réaumur, en effet, venait passer l'été dans sa propriété seigneuriale de Réaumur, « située en Bas-Poictou » et, d'après Boreau, il herborisait le long de cette route, seul ou avec le botaniste Guettard. Or, son château n'était pas éloigné des côtes de l'Aunis et de la Saintonge qu'il aimait visiter. C'est ainsi qu'il s'intéressa à la faune et à la flore marines : et qu'il y récolta 13 espèces différentes d'Algues qu'il fit dessiner par P. Simonneau filius, graveur de l'Académie des Sciences, né à Paris en 1685. Sept d'entre elles, très bien représentées, sont parfaitement reconnaissables, savoir : *Himanthalia lorea*, *Saccorhiza bulbosa*, *Fucus vesiculosus* et *serratus*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria saccharina* et *Gigartina mamillosa* (c'est, du moins, le nom scientifique qu'elles portent actuellement). Trois sont encore assez bien représentées : *Fucus platycarpus*, *Pelvetia canaliculata* et *Cystoseira ericoides* ; les trois dernières sont d'une détermination plus incertaine : l'une d'elles paraissant toutefois correspondre au *Laurencia pinnatifida*.

Ensuite on remarque — détail fort curieux — que l'une des figures représente, *sur le même pied*, une fronde de *Fucus vesiculosus* et une fronde de *F. serratus*. L'hypothèse d'une erreur de la part de Réaumur, qui se montra toujours un remarquable observateur, ou même de son dessinateur, nous paraît devoir être écartée. Nous pensons plutôt que, par un curieux hasard du reste, c'est un hybride de ces deux espèces de *Fucus* qui a sans doute été figuré. De tels hybrides, en effet, ont été décrits par Sauvageau et aussi par Gard, en provenance précisément de ce littoral où Réaumur les aurait, avant eux, récoltés.

Enfin — et c'est là le principal intérêt de son Mémoire — Réaumur s'est efforcé de retrouver, sur ces Algues, des organes reproducteurs comparables à ceux des plantes supérieures. Partant de cette idée préconçue, en partie vraie et en partie fausse, il fut porté à assimiler, à tort, les poils des cryptes pilifères de ces Algues aux filets des étamines, en faisant toutefois remarquer qu'ils ne portaient jamais de sacs polliniques ; et aussi (ce qui était plus exact) les réceptacles à des capsules renfermant les semences de ces Algues. De fait, la figure 3 de la planche II de son Mémoire, semble bien montrer qu'il a observé des oogones, puisqu'il en donne un petit dessin. En fait, si Réaumur n'avait pas été obnubilé par l'idée de vouloir retrouver chez ces Algues des organes *strictement* comparables à ceux des fleurs des plantes supérieures, et s'il avait observé plus attentivement au microscope l'anatomie de leurs conceptacles, il aurait pu décrire et interpréter correctement leurs anthéridies contenant les anthérozoïdes et leurs oogones, renfermant chacun huit oosphères, et — qui sait — peut-être même observer, le premier, le phénomène intime de la fécondation, splendide découverte qui devait n'être faite que plus d'un siècle plus tard, en 1854, par l'algologue français, Gustave Thuret, en étudiant ces mêmes *Fucus*. Nous avons là un nouvel exemple de ce rôle fâcheux des idées *a priori* dont nous avons donné récemment, dans cette Revue, divers exemples, et aussi d'un manque de suite dans les observations relatées dans ce travail qui n'en était pas moins très remarquable pour l'époque et bien digne de son auteur.

Moins importantes sont les autres recherches de Réaumur sur les Cryptogames. On lui doit encore, toutefois, d'intéressantes observations sur les Nostocs (Algues bleues) dont il a décrit la structure apparemment amorphe et l'apparition subite après la pluie qu'il explique fort justement par leur gonflement et leur reviviscence moins d'une heure après une averse, alors que la dessiccation les réduit à l'état de « feuilles sèches qui ne sont plus reconnoissables ». D'après lui, « le Nostoch croît au moins pendant un an » et sa végétation se fait « à la manière de celle des plantes marines ». Il n'est pas fixé au sol par des racines et on peut le retourner sans qu'il périsse pourvu qu'il reste en contact avec le sol.

On doit encore à Réaumur la description très exacte d'une « Morille branchue et de couleur de Corail et très puante » qui se rapporte évidemment à ce que nous appelons aujourd'hui le

Clathrus cancellatus, ainsi qu'a bien voulu nous le confirmer Mme Le Gall, l'éminente spécialiste du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum. Il l'avait observée « en bas Poictou dans un mur du parc de la maison seigneuriale de Réaumur ». Ce qui frappe le lecteur moderne de cet article, c'est la finesse et la précision des détails que donne Réaumur. Par exemple, ayant ouvert une de ces enveloppes qui donnent naissance aux branches du Champignon, Réaumur la trouve « remplie d'une substance molle, d'une couleur assez approchante de la chair des amandes vertes qui n'ont pas encore acquis de consistance », et il fait remarquer que « lorsque ces branches sont sorties de leur enveloppe et du mur, leur couleur blanchâtre se change en une couleur d'un fort beau rouge, assez approchant de celui du Corail » et aussi que « quand cette plante a acquis une certaine grandeur, elle devient d'une odeur insupportable et approchante de celle de la plus puante charogne ». Tous ces détails sont rigoureusement exacts et fort bien notés.

On doit encore à Réaumur des *Réflexions sur l'état des bois du Royaume* qui lui ont été inspirées par l'inquiétude — déjà générale à cette époque — relativement au « dépérissement des bois », par suite du déboisement consécutif à la multiplication des forges, « fourneaux à fer » et verreries qui étaient toutes alors chauffées au bois. Aussi envisageait-il d'imposer, à tous les propriétaires, l'obligation de « laisser élever en futaie » une partie de leurs taillis.

Ajoutons, pour être complet, que l'on doit encore à Réaumur des remarques sur une plante envoyée de Chine par un Jésuite : le P. Parennin et qu'il ne m'a pas été possible d'identifier. En fait, il s'agit d'une racine à l'extrémité de laquelle vient se fixer un ver.

N'oublions pas non plus que ses célèbres recherches sur la digestion ont permis plus tard (en 1833) la découverte des diastases qui a joué le plus grand rôle dans les progrès de la physiologie végétale.

Réaumur était du reste en relation avec les principaux botanistes de son époque. Ses lettres à Ch. Bonnet sont conservées à la Bibliothèque de Genève. Il correspondait régulièrement avec le botaniste suisse, A. de Haller, avec Linné qui entra en relation avec lui en 1736, avec Boissier de Sauvages qui lui dédia une nouvelle espèce de plante, avec l'intendant P. Poivre, et aussi avec M. Sarrazin, l'explorateur de l'Amérique.

Comme on le voit, Réaumur a joué en botanique un rôle qui n'est pas négligeable et qui montre, en particulier, ses remarquables qualités d'observateur.

Heureuse époque que celle où la spécialisation n'existait pas et où le même savant pouvait faire d'importantes découvertes dans les diverses branches des sciences ; où l'on entrait, comme Réaumur, à l'Académie à 25 ans et l'on en devenait directeur, à 31 ans, et où il était possible de se livrer dans le calme, débarrassé de tout souci matériel, à cette méditation tranquille qui a souvent favorisé les plus grandes découvertes.

BIBLIOGRAPHIE DES TRAVAUX DE BOTANIQUE DE RÉAUMUR

1711-1712. — Description des Fleurs et des Graines de divers *Fucus*, et quelques autres Observations physiques sur ces mêmes Plantes, *Histoire de l'Académie royale des Sciences*, 1711, *Mémoires*, pp. 282-301 et pl. 9-11, et 1712, *Mémoires*, pp. 21-44 et pl. 1-5.

1713. — *Boletus ramosus*, *Coraloides foetidus*. Morille branchuë de figure et de couleur de Corail, et très puante, *HARS*, 1713, *Mémoires*, pp. 71-76 et 1 pl.

1721. — Réflexions sur l'état des Bois du Royaume et sur les Précautions qu'on pourroit prendre pour en empêcher le déperissement, et les mettre en valeur, *HARS*, 1721, *Mémoires*, pp. 284-301.

1722. — Observations sur la végétation du Nostoch, *HARS*, 1722, *Mémoires*, pp. 121-128.

1726. — Remarques sur la plante appelée à la Chine : Hia Tsao Tom Tchom, ou Plante ver, *HARS*, 1726, *Mémoires*, pp. 302-305 et 1 pl.

Ad. Davy de Virville.

Réaumur
et l'élaboration des produits ferreux

Les traités d'Utrecht, qui mettent fin en 1713 à la guerre longue et coûteuse de la Succession d'Espagne, permettent à l'industrie française de reprendre le cours de son développement. Nous possédons peu de renseignements sur ce mouvement et il n'y a pas lieu de s'en étonner, puisque les historiographes contemporains, qu'il s'agisse de Saint-Simon, de Barbier ou de Buvat, ont surtout noté des informations mondaines dans leurs chroniques. Cependant la reprise de l'expansion industrielle est indirectement attestée par l'essor du commerce maritime, dont elle constitue au demeurant le moteur principal. Elle se trouve d'ailleurs facilitée par les profits considérables que certains armateurs avaient retirés du commerce interlope dans les mers du Sud, c'est-à-dire sur les côtes américaines du Pacifique, au Chili et au Pérou. Le grand commerce maritime et colonial occupe tout naturellement la première place dans le système que Law élabore pour assurer le développement du crédit réclamé par une économie en plein essor. En créant la Compagnie d'Occident en 1717, puis deux ans plus tard en fusionnant toutes les compagnies privilégiées, Law donne un puissant stimulant au commerce colonial.

Les besoins de la navigation incitent le Gouvernement du Régent à encourager la construction de chronomètres de précision, de manière à permettre aux bateaux de déterminer la longitude exacte (1). Les premiers chronomètres de marine munis d'un spiral réglant avaient été construits en France sous les yeux de Huygens,

(1) Le 15 mars 1716, le Régent écrit à l'Académie Royale des Sciences qu'il fera « payer la somme de 100 000 livres au premier qui aura été assez heureux pour trouver le secret tant désiré de connoître exactement et facilement les longitudes ». Fontenelle lit la lettre à ses collègues le 21 mars 1716. L'Académie n'eut pas l'occasion de décerner ce prix dont le montant ne lui fut d'ailleurs jamais versé (Ernest Maindron, *Les fondations de prix à l'Académie des Sciences. Les lauréats de l'Académie 1714-1880*, Paris, 1881, p. 23).

mais n'avaient pas donné satisfaction ; la mise au point qui s'imposait se serait sans doute produite au cours des années suivantes si la Révocation de l'édit de Nantes, le 17 octobre 1685, en contraignant la plupart des horlogers parisiens à émigrer, n'avait pas ruiné cette industrie.

Le rétablissement de la paix avec l'Autriche avait déterminé un riche seigneur belge, le duc d'Arenberg, à s'installer à Paris dès les débuts de la Régence. Le duc y fait venir Henry Sully, horloger d'origine anglaise qu'il avait connu à l'armée autrichienne. A peine arrivé à Paris, Sully présente le 20 mai 1716 à l'Académie royale des Sciences une montre conçue et fabriquée par lui, qui le fait immédiatement connaître à la suite du rapport élogieux établi par Cassini II, Saurin, Truchet et Varignon (1). Law le charge de monter une manufacture d'horlogerie. Assuré en outre de l'appui du duc d'Orléans, Sully se rend à Londres et y engage une soixantaine de bons ouvriers qu'il amène au début de 1718 à Versailles, où il installe la manufacture (2).

Jusqu'à cette époque peu d'inventions avaient pu être mises au point et appliquées, faute de capitaux. L'essor du crédit renverse la situation et élargit les perspectives. Dans la nouvelle conjoncture, les principaux maîtres de l'industrie qui venait de se développer rapidement, à savoir les horlogers, éprouvent le besoin de se concerter et d'unir leurs efforts, afin de faciliter l'éclosion des découvertes. Avec le patronage du Régent, Sully et d'autres horlogers fondent la Société des Arts, qui tient ses premières réunions au Louvre.

L'essor de l'économie ne peut manquer d'entraîner des conséquences dans d'autres domaines. La curiosité d'aristocrates éclairés et de bourgeois avides de s'instruire se porte vers les sciences physiques. L'ingénieur P. Moitrel d'Élément, qui donne des leçons de physique expérimentale dans plusieurs collèges de la capitale, trouve le moyen de manipuler l'air en utilisant des cloches renver-

(1) Registre des procès-verbaux des séances de l'Académie royale des Sciences, année 1716, f. 185, 13 juin 1716. La « Montre pour la mer » par Sully est décrite dans les *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences, depuis son établissement jusqu'à présent ; avec leur Description. Dessinées et publiées du consentement de l'Académie*, par M. Gallon, t. III, 1713-1719, Paris, 1735, pp. 93-94. Cette publication était soumise au contrôle de Réaumur et de Mairan suivant la délibération de l'Académie du 30 mars 1729.

(2) *Règle artificielle du temps... par Henry Sully, horloger de Mgr le duc d'Orléans, de la Société des Arts, nouvelle édition corrigée et augmentée de quelques mémoires sur l'horlogerie*, par Julien Le Roy de la même société, Paris, 1787.

sées sur des cuves à eau. Ce lointain précurseur de la chimie pneumatique en fait la démonstration à partir du 27 mars 1719 dans l'appartement qu'il occupe rue Hyacinthe, où il montre « la manière de rendre l'air visible et assez sensible pour le mesurer par pintes, ou par telle mesure qu'on voudra, pour faire des jets d'air qui sont aussi visibles que les jets d'eau ». Dans le milieu scientifique, Moitrel réussit à intéresser le médecin Danty d'Isnard (1663-1743), professeur de botanique au Jardin du Roi, et le futur historien Charles Lebeau (1701-1778), qui fera partie de l'Académie royale des Inscriptions et Belles-Lettres (1).

Telles sont les principales caractéristiques de l'économie française et quelques-unes des préoccupations des classes cultivées, lorsqu'en 1716 l'Académie royale des Sciences charge Réaumur d'assurer la publication des *Descriptions des arts et métiers* que Colbert lui avait donné mission d'éditer quarante et un ans auparavant (2).

Réaumur prend immédiatement à cœur cet important travail et décide de consacrer ses premières monographies aux techniques de l'industrie du fer, secteur dans lequel la France est alors tributaire de l'étranger et en premier lieu de l'Allemagne, dont l'acier et le fer-blanc sont réputés pour leur qualité. Le Régent aide Réaumur à rassembler la documentation nécessaire. Il envoie dans les districts allemands d'où viennent les meilleurs aciers « un maître de forges très entendu qui devra dresser des mémoires sur tout ce qu'il verra pratiquer » (3). Il assure en outre à Réaumur le concours de l'Administration royale. De Strasbourg, Nicolas-Prosper Bauyn d'Angervilliers (1675-1740), intendant d'Alsace depuis 1715, communique à Réaumur une méthode employée outre Rhin pour la fabrication de l'acier au creuset (4). Du Caire,

(1) Nicolas Gobet, *Essais de Jean Rey sur la recherche de la cause pour laquelle l'étain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine*, Paris, 1777, pp. 185-186. La Bibliothèque nationale possède les publications de Moitrel, dont la dernière, *Nouvelle manière d'éteindre les incendies, avec plusieurs autres inventions utiles à la ville de Paris* date de 1725. Moitrel s'est ensuite établi en Amérique, probablement au Canada, où il est mort.

(2) Arthur H. Cole and George B. Watts, *The handicrafts of France as recorded in the Descriptions des Arts et Métiers 1761-1788*, 43 p. in-4°, Boston (Mass.), 1952. Bertrand Gille, L'Encyclopédie, dictionnaire technique, *Revue d'histoire des sciences*, 1952, pp. 26-53 donne quelques indications sur la collection de l'Académie des Sciences, dont l'étude exhaustive reste à faire.

(3) Registre des procès-verbaux des séances de l'Académie royale des Sciences, année 1728, f. 292, 30 juillet 1728.

(4) Réaumur, *L'art de convertir...*, Paris, 1722, p. 16. Sur Angervilliers cf. *Dictionnaire de biographie française* sous la direction de J. Balteau, M. Barroux et M. Prevost, t. II, Paris, 1936, col. 1113-1117.

le consul de France, Claude Lemaire (m. en 1722) expédie des échantillons de sabres de Damas et d'armes à feu à l'adresse de l'abbé Bignon, qui préside l'Académie royale des sciences en 1716 et en 1717. Lemaire s'était procuré ces échantillons auprès d'un maronite originaire d'Alep, Georges Ganthous, qui avait séjourné en France avant de s'installer au Caire, mais dans sa correspondance il ne donne aucun renseignement sur l'élaboration de l'acier de Damas. La plupart des Européens ignorent encore les procédés mis en œuvre par les forgerons de Damas. Ceux-ci utilisent de vieux fers à cheval, c'est-à-dire du fer écroui, qu'ils cémentent en les saupoudrant à la forge de déchets de cuir, puis, l'hiver venu, ils soumettent les sabres ainsi fabriqués à la trempe à l'air suivant une très ancienne technique décrite par le P. Plumier en 1701 (1). Lemaire se rend pourtant compte que la pratique secrète des forgerons de Damas devrait intéresser les spécialistes. Dans une dépêche du 25 novembre 1719, où il signale le décès de Ganthous, il propose au Conseil de Marine d'envoyer au Caire un armurier de Marseille, afin de s'y initier. Le Conseil de Marine rejette la proposition le 16 avril 1720, ainsi que nous l'apprend l'annotation portée par son secrétaire, Henri de Besset de La Chapelle, en marge de la lettre de Lemaire (2), qui n'a pas été communiquée à Réaumur.

Avant de poursuivre, il n'est sans doute pas inutile de rappeler la signification que les maîtres de forges du temps donnent à quelques termes de leur vocabulaire, dans lequel se reflète l'état d'avancement de la technique. L'*acier* désigne, comme de nos jours, le produit final obtenu en traitant le minerai de fer, lorsqu'il est susceptible de durcir fortement par la trempe à l'eau. On connaît alors deux méthodes générales pour son élaboration. Dans la

(1) Charles Plumier, *L'art de tourner ou de faire en perfection toutes sortes d'ouvrages au tour*, Lyon, 1701, p. 21. L'auteur avait été renseigné « par quelques marchands de Marseille qui avoient long-tems negotié du côté de Damas ». La technique des forgerons de Damas n'a pas frappé Jacques Cœur et sa suite lors de leur passage dans cette ville en 1432 (*Le voyage d'outremer* de Bertrandon de La Broquière, publié et annoté par Ch. Schefer, Paris, 1892). Jean-Jacques Perret, *Mémoire sur l'acier, dans lequel on traite des différentes qualités de ce métal, de la forge, de bon emploi et de la trempe*, Paris, 1779, pp. 205-206, décrit la trempe à l'air pratiquée à Damas d'après les témoignages de voyageurs qu'il avait recueillis (son *Mémoire* ayant été couronné le 19 décembre 1777, par la Société des Arts de Genève, Perret, bien que né à Béziers le 30 juillet 1730, est à tort considéré comme Suisse par certains auteurs américains). Perret ignorait le traité du P. Plumier, tout comme Hassenfratz, *La Sidérotechnie*, t. 4, pp. 147-148, qui le cite.

(2) Archives nationales, Aff. Étr. B[1] 318, Correspondance consulaire du Caire 1716-1719. Sur La Chapelle cf. D. Neuville, *État sommaire des archives de la Marine antérieures à la Révolution*, Paris, 1898, p. 39.

première, un traitement spécial de la fonte au bas-foyer permet d'obtenir de l'acier. Dans la seconde, des barres de fer sont chauffées au rouge au contact de substances carbonées ou simplement de charbon de bois (c'est l'opération que nous appelons la cémentation), puis elles sont corroyées, c'est-à-dire soudées et forgées. Pour les auteurs du début du XVIIIe siècle, l'acier n'est qu'un fer affiné, ainsi que l'avait écrit Rohault (1) en reprenant l'interprétation de Biringuccio (2). *Adoucir le fer fondu*, c'est rendre la fonte malléable. Nous savons que l'opération consiste à décarburer la fonte, de manière à donner au produit cassant et non malléable qu'est la fonte ordinaire, une partie des propriétés de déformation à chaud et à froid que possède l'acier.

Réaumur ne limite pas son enquête à recueillir des informations sur les techniques suivies dans l'élaboration de l'acier et de la fonte malléable. Ainsi qu'il le note dans un premier mémoire, « les regles que nous avons à donner étant ou entierement nouvelles, ou, ce qui revient au même, conservées mysterieusement, nous n'avions pas seulement à les rapporter, nous avions en même temps à en prouver la bonté ». Le résultat de ses observations et de ses expérimentations est consigné dans les mémoires dont il donne lecture à l'Académie en 1720 (10 avril ; 8, 11 mai ; 1er, 26, 28 juin), 1721 (12 novembre) et 1722 (4 février ; 4, 11, 14, 24 mars ; 16, 23 mai ; 10, 13, 23 juin ; 24 juillet ; 14 août) (3). Les mémoires sur la conversion du fer en acier et sur la fabrication de la fonte malléable, qu'il lit à la séance publique du 12 novembre 1721, intéressent plus particulièrement ses auditeurs. Le Régent ne tarde pas à lui témoigner sa satisfaction pour la qualité de ses travaux : le 22 décembre 1721 des lettres patentes accordent à Réaumur une pension de 12 000 livres sur la ferme des postes, qui devra passer à

(1) Jacques ROHAULT, *Traité de physique*, t. II, 12e éd., Paris, 1708, p. 173 (la 1re éd. a été publiée en 1671). L'auteur (1620-1675) était le gendre de Claude Clerselier, ami et exécuteur littéraire de Descartes.

(2) *La Pyrotechnie ou art du feu, contenant dix livres. Ausquels est amplement traicté de toutes sortes et diversité de minieres, fusions et separation des metaux : des formes et moules pour ietter artilleries, cloches et toutes autres figures : des distillations, des mines, contremines, pots, boulets, fusees, lances, et autres feux artificiels, concernans l'Art Militaire, et autres choses dependantes du feu.* Composée en italien par le Seigneur Vanoccio BIRINGUCCIO Siennois. Et depuis traduite en François par Jacques VINCENT, Rouen, 1627, f. 48. L'original, *De la pirotechnia...* a paru à Venise en 1540. C. S. SMITH et M. T. GNUDI en ont publié une traduction anglaise à New-York en 1942.

(3) Les registres des procès-verbaux des séances de l'Académie ne donnent aucun détail sur ces mémoires de Réaumur.

l'Académie après sa mort (1). Le 28 août 1722 l'Académie juge les mémoires de Réaumur dignes d'être imprimés sous son égide. Ils le sont à la fin de l'année sous le titre *L'art de convertir le fer forgé en acier, et l'art d'adoucir le fer fondu, ou de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que de fer forgé* (2), occupant 9 feuillets non paginés et 568 pages d'un in-4° dédié au duc d'Orléans.

Voici le plan suivi dans cette publication.

Ire Partie. L'art de convertir le fer forgé en acier

1er Memoire où, après avoir donné une idée generale des differentes manieres de faire l'Acier, on examine quelles sont les matieres propres à convertir le Fer forgé en Acier, et quels mélanges on doit faire de ces matieres pour le changer dans l'acier le plus fin, et le meilleur... pp. 1-42

2e Memoire. Où sont rapportées des observations générales qui conduisent à régler le feu à propos... pp. 43-60

3e Memoire. Qui apprend à faire les essais en petit... pp. 61-80

4e Memoire. Où l'on donne la construction d'un nouveau fourneau, qu'on croit le plus avantageux de ceux qui peuvent être employés à la conversion du fer en acier, et où l'on fait quelques réflexions générales sur les autres fourneaux... pp. 81-152

5e Memoire. Sur la nature des differentes especes des fer considerés par rapport aux dispositions qu'ils ont à être convertis en acier... pp. 153-172

6e Memoire. Qui contient des observations sur les changemens sensibles qui se font dans le fer, pendant qu'il est converti en acier ; sur les précautions avec lesquelles il faut forger le nouvel acier, et le resultat des frais de la conversion du fer en acier... pp. 173-202

7e Memoire. Où l'on établit le caractere de l'acier, en quoi il differe essentiellement du fer, et cela en suivant les opérations qui changent le fer forgé en acier... pp. 203-218

8e Memoire. Où par la décomposition de l'acier, on acheve d'établir que sa difference essentielle d'avec le fer consiste en ce qu'il est plus penetré de parties salines et sulfureuses. Et où l'on donne en même-temps le moyen de raccommoder la plupart des aciers defectueux... pp. 219-236

(1) Ernest Maindron, *L'Académie des Sciences*, Paris, 1888, p. 111. Par suite d'une erreur typographique, Grandjean de Fouchy indique pour date de ces lettres patentes le 22 décembre 1722 (*Histoire de l'Académie royale des Sciences*, année 1757, Paris, 1762, p. 208).

(2) Une traduction anglaise en a été récemment publiée, *Réaumur's memoirs on steel and iron, A translation from the original printed in 1722 by Annelie Grünhaldt Sisco, with an introduction and notes by Cyril Stanley Smith*, xxxiv + 396 p., 17 pl., The University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1956. Cette édition est de tout premier ordre.

L'ouvrage présente de nombreuses fautes typographiques en raison de la hâte avec laquelle il a été imprimé. Orné de dix-sept

planches remarquablement dessinées par Philippe Simonneau, il se termine (pp. 561-566) par l'explication de quelques termes techniques. Outre deux défauts de l'acier, la gerçure et la paille, l'auteur définit les termes suivants : *adoucir le fer fondu ou le fer forgé*, *bain*, *bille d'acier*, *buse d'un soufflet*, *chaude* (degré de chaleur qu'on fait prendre au fer ou à l'acier), *corroyer un morceau de fer ou d'acier*, *découvrir* (se découvrir dans la trempe = prendre à sa surface une couleur blanche), *egrainer*, *etirer le fer ou acier*, *etoffe* (bille ou autre morceau d'acier, composé d'aciers de différents degrés de finesse, soudés les uns sur les autres, et dont les plus fins sont les proches du milieu), *event*, *fenton* (verge de fer qui vient d'une barre fenduë en plusieurs parties), *fonte de fer*, *gueuse*, *jet*, *laitier*, *paquet* (en terme de trempe, est une espèce de boiste de tole enduite de terre, dans laquelle de l'acier est renfermé et environné de certaines matieres : on fait chauffer l'acier dans ce paquet d'où on le retire pour le tremper), *quarillon* (fer forgé quarrement, aussi épais que large, qui a environ 8 à 10 lignes sur chaque face), *recuire*, *recuit*, *ringard*, *refouler*, *souder*, *surchaufure*, *tremper l'acier*, *trempe*, *tuyere*, *voiler*.

Cette publication fleuve, où l'auteur ne craint pas de se lancer dans d'abondantes digressions, nous renseigne tout d'abord sur sa méthode. Réaumur ne se sent guère de goût pour les longues recherches livresques préalables à l'expérimentation et préfère lire directement dans le grand livre de la nature. Pareille attitude, toute nouvelle pour l'époque, n'est toutefois pas sans entraîner quelques inconvénients. Elle explique les lacunes de la documentation de Réaumur sur la technique sidérurgique d'outre-Manche et sur celle des forgerons de Damas, faute par lui d'avoir dépouillé le traité de Plot (1) et celui du P. Plumier. Elle permet aussi de comprendre pourquoi il prend Vanoccio, prénom de Biringuccio, pour le nom de cet auteur. Mais Réaumur a la plus entière confiance dans la méthode expérimentale, qui lui avait permis de communiquer à l'Académie au cours de la séance publique du 15 novembre 1713 de remarquables *Expériences et Reflexions sur la prodigieuse ductilité de diverses matières* (2), relues à ses confrères les 29 novembre, 2 et 9 décembre suivants.

Réaumur avait commencé ses recherches dans le but de pro-

(1) Robert Plot, *The natural history of Stafford-shire*, Oxford, 1686.
(2) *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, année 1713, Paris, 1713, pp. 201-222.

duire de la fonte malléable. L'insuccès de ses premiers essais le conduit à étudier l'élaboration de l'acier. Ainsi qu'il l'écrit pp. 15-16 :

Il s'agissoit de faire des experiences qui découvrissent l'effet que produisent sur le fer differentes matieres séparement, ou mèlées ensemble en differentes proportions, qui envelopperoient ce fer pendant qu'il seroit chaufé par un feu d'une force, et d'une durée convenable : pour y parvenir je commençai par faire faire quantité de petits creusets de terre, quarrés, ou quarrés longs. Tous les creusets d'une même fournée étoient égaux et semblables ; je renfermois dans chaque creuset des morceaux de fer de même qualité, égaux en poids et en toutes dimensions. Je leur donnois le feu le plus égal qu'il m'étoit possible : j'entourois le fer de chaque creuset d'une matiere differente, ou d'un meslange de matieres differentes ; c'étoit donc uniquement à la difference des matieres qu'il falloit attribuer la difference des changemens faits dans le fer, puisque d'ailleurs tout le reste étoit égal. J'ai souvent employé des creusets qui ne pouvoient contenir qu'une demi-livre, ou même un quarteron de fer, avec la composition qui le devoit envelopper. Par-là j'avois la facilité d'expedier trente à quarante essais dans une seule fournée d'un assés petit fourneau. Si j'eusse voulu commencer par des experiences en grand, les fonds d'un puissant état eussent à peine pû suffire à toutes celles dont j'ai eu besoin. Aussi diroi-je en passant, que la plûpart de ceux qui ont tenté de convertir les fers du Royaume en acier ont échoué pour avoir voulu commencer à travailler trop en grand...

Au cours de ces expériences Réaumur essaie les procédés mentionnés dans les *Secrets concernant les arts et métiers*, que l'imprimeur parisien Claude Jombert avait édités en 1716 (1). Les indications de l'ouvrage appellent de sa part les commentaires suivants (pp. 36-38) :

Ce procedé [décrit t. I, p. 12] veut qu'on prenne une partie de suye, trois quarts de partie de cendre de bois de chesne, un quart de partie d'aulx broiés, qu'on fasse boüillir le tout dans douze parties d'eau, jusqu'à ce que ces douze parties soient réduites à quatre, qu'on y trempe les billes de fer et qu'on les stratifie, ou arrange par lits separés par la composition faite de trois parties de charbon, trois de chaux vive, une de suye et un quart de sel decrepité. Ce beau procedé a laissé mon fer très-doux, ce que j'ai attribué à la trop grande quantité de chaux vive...

Le même livre dont nous venons de parler enseigne, page 31, une autre

(1) Cet ouvrage a fait l'objet d'une nouvelle édition à Rouen en 1724, à Bruxelles en 1758, à Caen en 1786 et à Paris en 1801. Il n'est pas mentionné par John Ferguson, *Bibliographical notes on histories of inventions and books on secrets*, parts I-IV + Index, Glasgow, 1882-1898.

composition d'un des ingrédients de laquelle il seroit, par exemple, difficile de se fournir pour le travail en grand ; elle consiste en douze parties de charbon de hestre éteint dans l'urine ; dix parties de corne, trois parties de cendre de bois neuf, trois parties de poudre d'écorce de grenade. Où des manufactures feroient-elles leur provision de cette derniere poudre, que d'ailleurs je crois ici plus nuisible qu'utile ?

Voici les premières conclusions que Réaumur dégage pp. 31-32 de sa longue série d'essais :

Après toutes ces experiences les compositions qui m'ont paru les meilleures ne demandent que du charbon pillé *(sic)*, de la cendre, de la suye de cheminée, et du sel marin. Mais de ces matieres meslangées en differentes proportions, on peut faire differentes compositions dont celle que je regarde comme la plus propre à changer le fer en acier très-fin, et très-dur, consiste en deux parties de suye, une partie de charbon pillé *(sic)*, une partie de cendre et trois quarts de partie ou quelque chose de moins de sel marin ; c'est-à-dire que, si on employe seize livres de suye, on en employera huit de charbon, huit de cendre et six livres, ou seulement cinq livres de sel marin.

Je donne à cette composition la préference, lorsqu'on a à convertir en acier les fers qui y sont les plus propres ; une autre partie de notre art apprendra les caracteres de ces fers ; mais cette même composition n'est pas celle qui convient le mieux à certains fers ; elle en feroit des aciers trop difficiles à forger, qui auroient peine à se laisser souder ou corroyer, et qui après avoir été travaillés resteroient gerseux. Ces sortes de fer demandent une composition moins active ; voici celle qu'on leur doit donner. Prenez deux parties de cendre, une partie de suye, une partie de charbon, et trois quarts de partie de sel marin ou environ comme dans la premiere.

Cette dernière composition peut comme la première être employée avec succès sur les fers les plus propres à devenir acier ; elle les convertit comme l'autre en bons aciers, mais elle agit plus lentement ; quand on se sert de cette composition, l'opération n'est finie qu'après une durée du même feu beaucoup plus longue.

Les nombreuses expériences systématiques auxquelles Réaumur s'était livré lui permettent d'élucider les conditions dans lesquelles s'effectue la cémentation. « Le feu seul n'est pas capable de produire le changement du fer en acier ; il n'y parvient qu'après avoir introduit des parties salines et sulfureuses » écrit-il p. 50. Pp. 207-208 il expose plus longuement sa conception :

On chauffe ce fer jusqu'à devenir rouge, ou rouge blanc. Le feu dilate le fer, à mesure qu'il le pénétre ; il écarte les parties les unes des autres ;

mais à mesure que les parties du feu entrent, elles font entrer avec elles des parties sulfureuses. Le feu n'est lui-même que des parties sulfureuses, mais toutes les parties de cette nature que le feu porte en lui, ne sont pas enflammées au point nécessaire pour les consumer ; le feu de nos cheminées ordinaires en donne la preuve. La suye qui y est déposée, a été mêlée avec la flamme, elle en a fait partie, et est cependant restée une matiere trés combustible.

Les parties sulfureuses n'entrent pas seules dans le fer, elles sont accompagnées de parties salines. Le degré de chaleur qui est assés violent pour forcer ces sels à se sublimer jusqu'au dehors du fourneau, comme nous l'avons rapporté ailleurs, a sans doute assés de force pour les faire pénetrer dans le fer, qu'ils entourent. De plus les matieres sulfureuses sont des vehicules qui aident extremement les sels, on sçait combien elles peuvent augmenter leur volatilité. Mais ici le secours est apparemment réciproque, les sels facilitent l'introduction des soufres, comme les soufres facilitent la leur...

Il est donc visible que des soufres, et des sels s'introduisent dans le fer qui est en place pour être converti en acier ; que la conversion du fer n'est avancée qu'à proportion du chemin qu'ont fait les parties sulfureuses et salines, et que quand il est devenu entierement acier qu'elles l'ont penetré jusqu'au centre.

P. 218 Réaumur rappelle que « l'acier loin d'être un fer plus affiné, un fer plus pur, comme on l'a voulu jusqu'à présent, n'est qu'un fer plus penetré de parties sulfureuses et salines, et dont les molecules sont plus petites, mieux charpiés que celles du fer ordinaire ».

Dans aucun passage de l'ouvrage il ne définit l'expression « parties sulfureuses et salines ». La phrase suivante p. 325 révèle le caractère quelque peu confus de sa pensée à ce sujet :

Au reste quand je parle des soufres du fer et de l'acier, il est rare que j'entende parler des soufres simples et purs, je les regarde comme une sorte de soufre commun, comme la matiere de nos Pyrites, c'est-à-dire, comme des soufres mêlés avec beaucoup de sels.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable que Réaumur pressent le rôle du carbone qui se trouve dans le charbon de bois employé pour la cémentation, mais le phénomène n'est alors pas encore tout à fait clair pour lui par suite de l'effet d'autres substances organiques ou salines, qui mêlées au charbon de bois ou utilisées seules peuvent aussi provoquer la cémentation ou la nitruration.

P. 186 il fait la constatation suivante : « Ce n'est pas seulement

le volume de la barre [de fer] qui croît, pendant qu'elle se convertit en acier ; sa pesanteur augmente en même temps. »

Chemin faisant, Réaumur donne de succinctes indications qu'il développera par la suite. Ainsi p. 21 il note : « Plusieurs arts demandent un fer parfaitement décrassé, on *décape*, on décrasse dans des eaux aigres les feüilles de fer qu'on veut étamer. » Telle est la notion essentielle qu'il dégagera lorsqu'il étudiera les *Principes de l'art de faire le fer-blanc*, objet de sa communication à l'assemblée publique tenue le 11 avril 1725 par l'Académie royale des Sciences (1).

Dans *L'art de convertir le fer forgé en acier* Réaumur s'étend longuement sur les soins à apporter à la construction des fours et sur l'importance de la quantité d'air à leur fournir. Pp. 128-129 il calcule au moyen d'une formule inexacte et extrêmement compliquée le volume d'air chassé à chaque coup de soufflet : le calcul des volumes ne lui était manifestement pas familier (2).

C'est dans d'autres domaines que Réaumur donne la mesure de son génie.

Il étudie attentivement la structure de l'acier.

Ce que j'appelle la structure des fers, c'est la figure, la grosseur et l'arrangement de leurs molecules ; et c'est par leur cassure, par la surface des endroits où ils ont été cassés, qu'on peut juger de ce que ces molecules ont de different

écrit-il p. 156. Il est ainsi conduit à distinguer sept espèces de fers suivant l'aspect de la cassure.

L'importance qu'il attache à la structure de l'acier lui permet d'expliquer le phénomène de la trempe (pp. 321-323), sur lequel il avait fait de nombreuses expériences :

Nous sçávons et nous avons besoin de nous en souvenir, que le fer et l'acier boivent les soufres ; mais nous sçavons aussi que le feu violent peut les leur enlever. A present, pour écarter le plus de circonstances inutiles qu'il sera possible, considerons un seul grain d'acier non trempé, un de ceux dont la vûë seule découvre, et comparons-le ensuite avec un grain, à peu près d'égale grosseur, d'acier trempé. Ce grain que les yeux apperçoivent aisément est lui-même un amas d'une infinité d'autres grains que nous nommerons les molecules de ce grain ; le microscope met ces

(1) *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, année 1725, Paris, 1727, pp. 102-130.

(2) L'œuvre mathématique de Réaumur est analysée par N. Nielsen, *Géomètres français du dix-huitième siècle*, Copenhague, 1935, pp. 370-374. Voir aussi ce fascicule, pp. 130-133.

molecules de grain à portée de nos yeux. Mais ces molecules sont elles-mêmes composées d'autres parties. Supposons, si on le veut, que ces dernieres sont les parties élementaires, quoyque pour y arriver il faudroit peut-être pousser la division prodigieusement plus loin ; mais nous pouvons nous en tenir là. Nous avons donc à considerer un grain, les molecules dont il est composé et les parties élementaires des molecules. Comme les sels et les soufres pénétrent le fer intimement, nous pouvons au moins supposer que ceux que l'acier a de plus que le fer, pénetrent les molecules du grain. Si j'expose au feu l'acier tendre où est le grain... le feu fondra plûtôt les soufres, et les sels des molecules de ce grain, qu'il ne fondra les molecules mêmes ; il chassera une partie des soufres et des sels, que l'acier a de plus que le fer, de dedans les molecules où elles étoient nichées ; au lieu qu'ils pénetroient ces molecules, ils se placeront d'abord dans les intervalles qui sont entre elles ; ce sera là le seul effet d'un feu moderé ; et ce n'est pas pour en venir à notre explication que nous supposons cet effet ; la décomposition de l'acier, faite soit par un feu lent, mais long, ou par un feu violent, ont démontré que le feu enleve à l'acier ses soufres et ses sels ; ceux qu'il a forcé de sortir des molecules, occupent d'abord les espaces qui sont entre ces molecules. Ne faisons donc nulle difficulté d'admettre que quand notre grain est parvenu à un certain degré de chaleur, que les vuides qui étoient entre les molecules dont il est composé, sont remplis en partie par une matiere sulfureuse qui n'y étoit pas auparavant, et dont les molecules ont été dépoüillées ; qu'une partie de cette matiere sulfureuse, que le feu a mis en chemin de sortir du fer, a passé des molecules même dans les intervalles qu'elles laissent entre elles. Dans cet état plongeons dans l'eau froide le barreau d'acier, où est le grain que nous considerons. Dans l'instant nous allons fixer les soufres et les sels qui nagent avec eux ; nous leur ôterons leur fluidité, ils ne seront plus en état de rentrer dans les molecules. Mais alors les petits intervalles qui étoient entre ces molecules du grain seront mieux remplis, et remplis par une matiere, que nous supposerons presqu'aussi dure qu'il nous plaira. Les molecules du grain tiendront donc mieux les unes avec les autres. Notre grain d'acier en sera donc plus difficile à diviser, à rompre, ou ce qui est la même chose, voilà notre grain d'acier devenu plus dur. La même chose est arrivée à tous les autres grains de l'acier qui avoient pris le même degré de chaleur ; par conséquent voilà notre acier, ou plus exactement parlant, et pour s'en tenir à ce que nous voulons expliquer actuellement, voilà tous les grains de notre bille d'acier endurcie.

Réaumur avait remarqué au cours de ses enquêtes que les métallurgistes observaient la structure des métaux sur la cassure afin d'en contrôler la qualité. Un siècle auparavant le médecin numismate Louis Savot (*c.* 1579-*c.* 1640) avait noté cette pratique chez les fondeurs de cloche qui

jugent de la quantité de l'estain qu'ils y doivent mettre en cassant une piece de cette matiere, auparavant que de la jetter et d'en faire la cloche. Car s'ils trouvent le grain trop gros ils y mettent davantage d'estain, s'il est trop delié ils augmentent le cuivre : ils y mettent davantage d'estain pour rendre le grain plus delié, et par mesme moyen le son meilleur (1).

En étudiant la trempe des fils d'acier, Réaumur vérifie que l'opération augmente leur volume, ainsi que l'avait déjà signalé Claude Perrault (2).

Ses observations sur les phénomènes thermiques sont remarquables par leur précision et par la netteté de leur interprétation. P. 286-287 il étend l'observation d'Amontons sur la vaporisation de l'eau, en notant que chaque métal a un point d'ébullition, dont la température ne peut être dépassée dans la phase liquide. P. 338 il donne la valeur de la dilatation du fer et de l'acier chauffés au rouge. P. 352 il indique que le mercure a une chaleur spécifique nettement inférieure à celle de l'eau. Dans tout le texte il distingue la quantité de chaleur de la température, sur la mesure de laquelle il donnera deux mémoires en 1730 et en 1731.

Son attention se porte aussi sur la dureté. Alors que les ouvriers contemporains ne distinguent que deux termes dans la dureté suivant le résultat de la morsure de la lime, Réaumur recourt à une échelle de sept substances (p. 281). L'idée sera reprise en 1822 par Mohr, auteur de l'échelle de dureté encore en usage en minéralogie.

Enfin Réaumur invente un appareil d'essai de pliage (décrit p. 289-290), afin de mesurer la flexibilité des fils d'acier trempé : c'est la première machine d'essai des matériaux (3).

Dans la seconde partie de l'ouvrage, Réaumur étudie les procédés permettant d'obtenir de la fonte malléable. Mais la fonte est un matériau complexe et il ne faut pas s'étonner si les idées de Réaumur

(1) Louis Savot, *Discours sur les medalles antiques*, Paris, 1627, p. 126.

(2) « Pour estre assuré que l'acier s'enfle par la trempe, j'ay fait faire dans une lame de fer un trou rond et parfaitement juste pour recevoir un fil d'acier, qui ayant esté coupé en deux, et l'un des morceaux ayant esté trempé, n'a pû passer par le trou, dans lequel il entroit avant que d'avoir esté trempé ; Et où l'autre morceau qui n'estoit point trempé passoit aussi fort aisément. Or, l'acier s'enfle par la trempe, à cause que le refroidissement soudain qu'elle luy cause, fixe toute la masse qui s'estoit gonflée par le feu, et la fait demeurer en cet état » écrit Perrault, *Essais de physique, ou Recueil de plusieurs traitez touchant les choses naturelles*, Paris, 1680, t. I, p. 39.

(3) A l'occasion du bicentenaire de la publication du traité de Réaumur, la *Revue de Métallurgie* lui a consacré deux articles en août 1922. P. 457 elle reproduit l'appareil d'essai de pliage conçu par Réaumur.

sur sa nature sont incomparablement moins claires que sa conception de l'acier. Comme la formation de graphite lors du recuit est très sensible à la présence d'éléments mineurs dans la fonte, Réaumur ne peut interpréter correctement le phénomène à la lumière bien pâle des connaissances chimiques d'alors. Réaumur commence par étudier la différence entre les deux variétés de fonte.

Les fontes blanches, écrit-il p. 391, sont plus pures que les fontes grises, elles contiennent plus de fer... Il y a plus de matieres étrangeres dans les fontes grises, et surtout, probablement, plus de matiere terreuse, plus de matiere vitriffiée, de ce qu'on appelle, dans les fourneaux à mine de fer, du laitier.

Réaumur constate ainsi en son vocabulaire que la fonte grise contient plus de silicium que la fonte blanche. Pp. 453-454 il expose le cheminement de ses recherches :

Dès que je crus suffisamment établi que la dureté de la fonte de fer étoit produite par les soufres et les sels dont elle est penetrée, il me parut que le secret de la ramollir, de l'adoucir, n'étoit que celui de lui enlever une partie de ses soufres ; et que le moyen d'y parvenir devoit être le même, pour le fond, que celui que nous avons employé pour corriger le defaut des aciers difficiles à forger. Vraisemblablement, les mêmes procedés, et les mêmes matieres qui avoient enlevé aux aciers intraitables leurs soufres superflus, qui pouvoient même ramener ces aciers à être fer, devoient operer quelque chose de semblable sur les fontes ; les mettre aussi en un état approchant de celui du fer forgé. Nous avons vû que les matieres qui produisent ce changement dans les aciers, sont des matieres terreuses, des plus alcalines ; et que celles dont l'effet est le plus prompt sur les aciers, sont la chaux d'os, et la craye reduite dans une poudre fine...

Réaumur reconnaît qu'il faut partir de fonte blanche. Il en place de minces morceaux dans des creusets garnis, les uns de cendre d'os, les autres de craie. Après avoir donné quelques heures de feu aux creusets, il constate que la fonte initialement dure s'est adoucie au point de se laisser limer comme du fer. Voici l'explication qu'il en fournit p. 463 :

nos principes... ont appris que le fer fondu s'adoucit à mesure qu'il est dépoüillé de ses parties sulfureuses et salines ; pour qu'il s'adoucisse de plus en plus, il faut qu'il en sorte de nouveaux soufres, et de nouveaux sels, et que les soufres et les sels que le feu en a chassé n'y rentrent plus ; que d'autres matieres se chargent de ces soufres et de ces sels, qu'elles ne

les laissent plus échapper ; c'est ce que la poudre d'os calcinés fait toujours.

Mais le procédé offre l'inconvénient d'écailler la fonte et ne peut être utilisé pour la fabrication d'objets d'art. Réaumur y remédie en mêlant de la poudre très fine de charbon de bois à la cendre d'os et à la craie, dans la proportion d'une partie de charbon pour deux parties de l'autre substance.

Ne s'estimant cependant pas entièrement satisfait du résultat, Réaumur poursuit ses recherches, dont il relate la dernière pp. 472-474 en ces termes :

J'ai encore fait une épreuve par laquelle je finirai ce memoire. Je me suis servi du fer même, pour adoucir le fer fondu. On se souviendra que quand j'ai parlé de notre fourneau propre à convertir le fer en acier, que j'ai composé les creusets, les capacités qui renferment le fer, de plaques ; que j'ai dit, que pour resister à un feu violent, ces plaques doivent être de terre, mais qu'elles pouvoient être de fer fondu quand on ne vouloit donner qu'un feu plus moderé. En bien des circonstances je n'ai mis à mon fourneau que des plaques de fer fondu ; après qu'elles ont eu soutenu le feu pendant un ou plusieurs jours, et que ce feu a été entierement éteint, la surface de chaque plaque sur laquelle le feu avoit agi, s'est trouvée recouverte d'une couche assés épaisse d'une poudre d'un tres beau rouge, et quelquefois d'un rouge tirant sur le violet. Cette couche étoit faite des parties du fer, qui avoient été brûlées ; en un mot les Chymistes sçavent que cette poudre étoit ce qu'ils ont nommé du safran de Mars, et un safran de Mars fait sans aucune addition. J'ai fait balayer les plaques, j'en ai fait détacher et ramasser toute cette poudre : ce que nous venons d'en dire, et la place où elle se trouve, montre assés qu'elle n'est qu'un fer brûlé, qui a été dépouillé de sa partie huileuse. Comme cette poudre est bien éloignée d'avoir la quantité de parties huileuses et salines dont elle se peut charger, j'ai pensé qu'elle seroit tres propre à adoucir le fer fondu qui en seroit enveloppé. J'ai donc entouré du fer fondu de cette poudre : elle l'a adouci parfaitement, et il m'a paru qu'elle l'a adouci bien plus promptement, que ne l'ont fait toutes les autres matieres. Pour tâcher de m'assurer de cette circonstance, dans le fond d'un creuset cylindrique j'ai mis de cette poudre, de ce safran de Mars, toute pure : dans le même creuset j'ai mis un second lit composé de ce safran mêlé avec des os ; et plus haut j'ai mis des os seuls. Ce creuset ayant été tenu au feu pendant quelque temps ; quand il en a été retiré, j'ai trouvé que le fer fondu, de ce creuset, le mieux adouci, étoit celui qui s'étoit trouvé au milieu du safran de Mars seul. Le mêlange de cette poudre et de ces os avoit fait moins d'effet, mais plus que les os seuls.

On pourroit ramasser quantité de cette poudre dans des Manufactures, où on ne se serviroit que de plaques de fer. On en pourroit même faire à

bon marché. Cette poudre occupe bien un autre volume que le fer ; mais après tout, il n'y a guere d'apparence qu'elle puisse convenir pour le travail en grand, ce seroit beaucoup qu'on s'en servît pour l'adoucissement de quelques petits ouvrages. Mais il ne faudra pas donner le feu violent au creuset, où elle sera renfermée, autrement elle deviendra une masse compacte, qui se trouvera attachée sur le fer fondu ; quelques coups pourtant la détacheront, mais ce sera avec risque d'emporter quelque petite partie de l'ouvrage. Si le feu a été violent dans le fourneau, on ne trouvera plus cette poudre sur la surface des plaques ; les grains se réuniront, et formeront des écailles spongieuses ; et en si grande quantité, qu'on sera étonné de voir que l'épaisseur du fer ne soit pas diminuée bien sensiblement, dans des endroits d'où les écailles sont tombées, car ces écailles mises les unes sur les autres auroient plus que l'épaisseur de la plaque. Mais c'est qu'elles sont d'une tissure tres spongieuse, et beaucoup plus même qu'elle ne le paroît.

Dans ce texte Réaumur est le premier à signaler ce que nous appelons le procédé de fabrication de la fonte malléable européenne, encore employé et qui consiste à décarburer superficiellement la fonte blanche par un recuit en présence d'oxydes de fer. Toutefois, comme il ne fait pas particulièrement ressortir les avantages qu'offre le procédé, les techniciens contemporains qui liront son volumineux ouvrage n'en soupçonneront pas l'intérêt.

Dans l'ouvrage Réaumur effleure en outre quelques-uns des grands sujets qui préoccupent ses contemporains. P. 538 il signale qu' « on a proposé une idée tres ingenieuse et tres-utile, c'est de faire toutes les pièces des fusils des troupes de même calibre » ; on sait que la fabrication en série de ce matériel devait se solder par un échec. Le développement de l'économie capitaliste appelle p. 548 l'observation suivante, dans laquelle Réaumur exprime le point de vue de la bourgeoisie sur le caractère bienfaisant du perfectionnement des techniques et de leur application à l'industrie :

Ne s'inquietera-t-on point, car on est quelquefois étonnament humain, quand il s'agit de faire des objections, de ce que deviendroient tant de Chaudronniers, si la batterie de cuisine se faisoit de fer pour la plus grande partie ? J'ai vû un grand Magistrat s'opposer au privilege demandé pour une nouvelle Machine, par une raison de cette espece ; je répondrai ici ce que je lui répondis pour celui qui sollicitoit un juste privilege, que si on eût toûjours eu une pareille sensibilité, nous n'aurions ni moulins à vent, ni à eau, ni à chevaux. Le bled étoit pilé à bras dans des mortiers, avant qu'on sçût l'écraser sous des meules mûës par des chevaux ; combien cela occupoit-il de gens !

Au terme de l'ouvrage Réaumur a pleinement conscience du caractère incomplet de ses recherches dans la voie entièrement nouvelle qu'il vient d'ouvrir et de l'importance des travaux restant à faire dans la métallurgie du fer pour que l'empirisme fasse place à une pratique raisonnée. C'est sur les lignes suivantes qu'il termine (p. 558) :

Au reste nous n'avons encore jetté que les fondements d'un Art qui a besoin d'être perfectionné, nous ne l'avons que dégrossi ; nous n'avons pas tout tenté, nous n'avons pas tout prévû ; des pratiques en grand, souvent réïterées apprendront encore beaucoup.

*
* *

Dès sa publication l'ouvrage de Réaumur est fort bien accueilli dans les milieux scientifiques de la capitale. Dans l'*Histoire de l'Académie royale des Sciences* pour l'année 1722, parue deux ans plus tard, Fontenelle l'analyse longuement, en souligne l'intérêt et conclut ainsi :

Les Arts y gagneront toûjours en toutes manieres quand la Philosophie ne dédaignera pas de s'y appliquer, et elle trouvera qu'ils le méritoient plus qu'elle ne pensoit peut-être elle-même.

Mais, chose curieuse, Fontenelle ne mentionne pas dans la table des matières cette analyse qui occupe pourtant les pages 39 à 55 du volume.

De son côté le *Journal des Sçavans* lui consacre trois longs articles, dont la date de parution semble indiquer le soin apporté à en prendre connaissance (1). La constatation est particulièrement frappante pour le dernier compte rendu relatif aux six chapitres de la seconde partie, où la pensée de l'auteur est plus difficile à suivre que dans les douze chapitres de la première.

Quant à l'Académie royale des Sciences, elle reconnaît l'autorité de Réaumur en le désignant comme commissaire pour la plupart des questions touchant la métallurgie qui lui sont soumises. Ainsi, à la suite de la demande par le financier Crozat d'un privilège pour sa manufacture d'acier de Vraincourt, l'Académie charge le 23 juin 1728 Réaumur, Lémery et Dufay d'étudier l'affaire.

Réaumur avait montré quel intérêt il portait à toutes les ques-

(1) *Journal des Sçavans*, 15 mars 1723, pp. 161-170 ; 18 avril 1723, pp. 247-256 ; février 1724, pp. 105-112.

tions concernant l'industrie métallurgique française en faisant part à l'Académie les 7, 10 et 17 janvier 1722 des *Réflexions sur l'état des Bois du Royaume, et sur les Précautions qu'on pourroit prendre pour en empêcher le déperissement, et les mettre en valeur.*

L'ouvrage de Réaumur retient l'attention de quelques hommes d'affaires. En 1723 le chevalier de Béthune (1), aidé de quelques associés, établit à Cosne, en Nivernais, « une manufacture de la conversion du fer en acier et de l'adoucissement du fer fondu selon les principes de M. de Réaumur ». Celui-ci se voit confier la direction de la manufacture dont il s'occupera quelque temps.

Réaumur continue à étudier la métallurgie du fer d'un point de vue aussi bien théorique que pratique. Les 10 et 14 juillet 1723 il lit à ses confrères une description de la fabrique des ancres de vaisseaux, que Duhamel du Monceau publiera en 1764 dans les *Descriptions des Arts et Métiers*. En 1724 (8, 15 juillet ; 12, 19 août), Réaumur les entretient de ses nouvelles recherches sur l'adoucissement du fer fondu (2). A la séance publique tenue par l'Académie le 11 avril 1725, comme nous l'avons déjà signalé, il donne connaissance des *Principes de l'art de faire le fer-blanc*.

L'année suivante, à la séance publique du 4 mai 1726 (3), Réaumur signale à ses confrères que, fort de l'expérience acquise à Cosne, il se propose de faire paraître un *Nouvel art d'adoucir le fer fondu*, afin de remplacer les mémoires publiés sur ce sujet

(1) Marie-Henri de Béthune, chevalier de Malte, avait fait sa carrière dans la marine royale. Enseigne de vaisseau en 1681, il parvient en 1707 au grade de capitaine des vaisseaux du roi, est gouverneur de Cayenne du 13 novembre 1713 au 12 mai 1715, puis de la Martinique du 3 février 1716 au 22 août 1719. Gentilhomme de la chambre du duc d'Orléans en 1724, il prend sa retraite de la marine en 1731. Il était l'un des membres marquants de la Société des Arts. M. à Paris le 3 mai 1744 (DE LA CHENAYE-DESBOIS et BADIER, *Dictionnaire de la noblesse*, 3e éd., t. 3, Paris, 1863, col. 117. Amans-Alexis MONTEIL, *Traité de matériaux manuscrits de divers genres d'histoire*, Paris, 1835, pp. 41-43. Arch. nat., Y14389 ; Z1M 38, n° 7 ; Marine C7 28). Sur le privilège accordé au chevalier de Béthune et à ses associés, cf. Pierre BONNASSIEUX, *Conseil du Commerce et Bureau du Commerce (1700-1791), Inventaire analytique des procès-verbaux*, Paris, 1900, col. 142 *b*, ainsi que le registre des procès-verbaux des séances de l'Académie royale des Sciences en 1725, f. 189 (14 août), 219-220 (18 août). Dans le *Nouvel art...*, p. 404, Réaumur signale qu'un procès opposant le sieur d'Haudimont, propriétaire de la manufacture de Cosne, à ses associés avait provoqué l'arrêt de l'exploitation.

(2) Les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* pour l'année 1724 reproduisent pp. 309-316 l'écrit de Réaumur intitulé : « De l'arrangement que prennent les parties des matières Métalliques et Minérales, lorsqu'après avoir été mises en fusion elles viennent à se figer. »

(3) Registre des procès-verbaux des séances de l'Académie royale des Sciences, année 1726, fts 139-146. L'extrait reproduit est tiré des fts 140-141.

en 1722, qu'il juge vieillis. L'extrait suivant permet de suivre l'évolution de la pensée de Réaumur :

On affine la fonte, on la rend plus pure, ou d'une plus belle couleur et d'une plus belle grainure en la refondant ; mais si alors on la jette en moûle, on a des ouvrages intraitables, les Limes, les Cizeaux ne sauroient avoir prise dessus. On ne sauroit les percer. En un mot, il faut les laisser avec tous les deffauts, toutes les inégalitez qu'ils ont en sortant du Moule. Comme on ne peut les reparer jamais, ils ne peuvent être que des ouvrages grossiers, qui d'ailleurs sont trop cassants. J'ay cherché le moyen de les rendre traitables, et je l'ay donné en 1722. Après m'être prouvé que ce fer tenoit sa dureté excessive des sels et des souffres dont ils étoient surchargés, j'ay travaillé à les luy enlever. Je pensay que les matières alkalines, comme propres a boire les souffres et sels le seroient a produire cet effet. J'en éprouvay de diverses especes, comme je l'ai expliqué ailleurs, et le raisonnement qui me conduisit à donner la preference sur toutes les autres matières alkalines à la poudre d'os calcinée fut justiffiée par l'Expérience. Je trouvay donc qu'en renfermant des ouvrages de fer fondu dans de grandes Boîtes ou dans des especes de grands Creusets de fer où ils étoient arrangez par Lit avec de la poudre d'os, que l'action du feu continuée pendant un certain Tems les rendroit aussi traitables à la Lime que ceux de fer forgé.

Une difficulté pourtant considérable arrêta, les ouvrages sortoient quelquefois des Creusets remplis d'Écailles qui emportoient ou dégradoient les ornemens. Les Écailles n'étant qu'un fer trop desseché. Je crû que le moyen de les prevenir se reduisoit à mêler avec de la poudre d'os, une autre poudre qui rendit à la surface du fer de la matière huileuse. La poudre de Charbon me parut répondre à cette vüe. Je la mélay avec de la poudre d'os et dès mes premieres Epreuves j'eus des ouvrages parfaitement adoucis sans être aucunement alterez. J'ay déterminé ensuite la forme des fourneaux les plus convenables à cette opération ; quelles devoient être la durée et l'activité du feu par rapport à l'épaisseur des differentes pièces. Voila le fonds de l'ouvrage que j'ay fait paroître en 1722. qui ne sera que la premiere partie de celuy que j'ay a donner actuellement.

Je viens de dire que pour adoucir les ouvrages je les fais renfermer, avec une Composition de poudre d'os et de Charbon, dans des especes de Boites ou Creusets au travers des parois desquels agit la chaleur du feu. Cette Methode est sure, très convenable aux petits ouvrages. Mais elle est longue pour les ouvrages épais, j'en ay cherché une plus abregée, elle fera la seconde partie de nôtre nouvel art.

Ce texte montre que Réaumur, à la suite des expériences qu'il vient de faire à Cosne, n'attache guère d'importance au procédé

de fabrication de la fonte malléable auquel la postérité liera pourtant son nom.

Dans la suite de sa communication l'auteur signale que la seconde partie du *Nouvel art...* est consacrée au procédé d'adoucir la fonte qui consiste à recuire la fonte recouverte d'un enduit de graphite (alors appelé mine de plomb).

Dans le plan de la troisième partie du *Nouvel art...* il indique qu'on obtient le même résultat en ajoutant à la fonte liquide de la poudre d'os mêlée à du charbon de bois, ou même de la poudre de charbon de bois seule, mais à la condition de couler la fonte liquide dans des moules en fer garnis de sable et préalablement chauffés au rouge.

Réaumur ne dit mot de l'objet de la quatrième partie du *Nouvel art...* Il déclare seulement à la fin de sa communication que la cinquième partie est destinée à « l'examen des phénomènes de physique que notre art nous fournit » et que la sixième partie est consacrée à la manutention des creusets, au décapage et au polissage des ouvrages, ainsi qu'aux sables de moulage.

Le 29 mai 1726 Réaumur lit à l'Académie un mémoire intitulé « Que le fer est de tous les métaux celui qui se moule le plus parfaitement, et quelle en est la cause », que les *Mémoires de l'Académie* pour cette année reproduisent pp. 273-287.

En 1727 Réaumur s'intéresse encore aux techniques de la sidérurgie. Les 5 et 23 avril de cette année, il donne lecture à l'Académie d'un mémoire intitulé : « 4e partie. 2e Mémoire. Pourquoy la fonte fluide augmente de volume en se figeant, et pourquoy le recuit en adoucissant la fonte augmente son volume ; Cause de l'adoucissement de l'acier par la trempe. » Ce mémoire transcrit sur le registre des procès-verbaux des séances, où il occupe les feuillets 140-152, est resté inédit, tout comme celui du 4 mai 1726. Il présente tout d'abord l'intérêt de renseigner sur l'objet de la quatrième partie du *Nouvel art...* Il permet ensuite de noter le parti que Réaumur tirait de la notion de structure dans l'étude des produits ferreux, ainsi que le montre le début de ce mémoire :

Nous avons prouvé que le fer fondu augmente de volume en se figeant, et en augmente d'autant plus, qu'il se fige avec plus de lenteur. Si la cause de ce phenomène est encore cachée, au moins voyons nous ou il faut la chercher ; des thuiles, des feüilles de métal arrangées avec soin a plat les unes sur les autres, forment un tas d'une certaine grosseur ; Ces thuilles, ces feüilles sont-elles arrangées avec moins d'ordre, elles forment un tas plus gros,

et d'autant plus gros, qu'elles ont été placées plus confusément pendant la fusion. Les grains, les molécules, les lames métalliques sont disposées de façon à laisser entre elles peu de vuides, leur arrangement n'est pas fort different dans la fonte refroidie subitement, dans la fonte que le froid a saisi pendant que tout étoit fluide. Mais ces mêmes parties métalliques, laissent entre elles des espaces considerables dans la fonte qui s'est refroidie avec lenteur ; ou dans la fonte solide qui a souffert le recuit. La vüe même nous apprend que dans ce dernier état, leur disposition ressemble au tas de thuilles, ou de feüilles ammoncellées confusement. On apperçoit partout des grains qui ne se touchent les uns, les autres que par peu d'endroits. Nuls grains ou peu de grains paroissent dans la fonte refroidie subitement. Les lames, les molécules métalliques n'y laissent pas entre elles de vuides sensibles. Elles sont placées comme des thuiles ou des feüilles de Métal, qu'on a arrangées avec soin les unes sur les autres.

Ce que nous avons à expliquer est donc précisement pourquoy l'arrangement des parties de la fonte liquide, et de la fonte refroidie subitement, est si different de celuy de la fonte refroidie avec plus de lenteur, de celui de la fonte recuite, et pourquoi il n'arrive pas aux Métaux, ce qui arrive au fer fondu. La cause de l'un et de l'autre effet se doit tirer de quelques-unes des differences qui sont entre eux et le fer. Il n'en est point dans la composition duquel les souffres et les sels n'entrent. Mais on a reconnu depuis long tems que le fer est celuy ou ils sont le moins parfaitement, le moins intimement mêlez avec les autres principes. De là vient qu'il n'est point de dissolvant qui n'ait prise sur le fer, au lieu qu'il n'en est que quelques uns qui puissent agir sur chacun des autres métaux. De là vient que le fer est de tous les métaux celui qui se brûle le plus aisément, si on le jette en limaille sur une Bougie ou sur une Chandelle, il y détonne, il y jette des Etincelles a peu près comme feroit de la poudre de salpêtre.

Ce qu'est le fer par rapport aux autres métaux, la fonte l'est par rapport au fer malléable...

Ce mémoire est le dernier dont Réaumur entretient l'Académie sur les propriétés des produits ferreux. Parmi les différentes causes pouvant être invoquées pour expliquer ce changement d'orientation dans son activité scientifique, la disparition du duc d'Orléans est sans doute l'une des plus importantes. En effet Réaumur est le produit social d'une époque où le savant est essentiellement l'obligé d'un mécène, et, où le mécène disparu, il se considère comme libre de porter ses recherches dans le domaine de son choix. A la différence du grand bourgeois Buffon qui tirera sa fortune des affaires qu'il exploitera lui-même, Réaumur n'a aucune disposition pour la grande industrie et son passage à la direction de la manufacture de Cosne n'a certainement rien rapporté

aux bailleurs de fonds, le chevalier de Béthune et ses associés.

Bien plus, Réaumur ne donne aucune suite au projet qu'il avait annoncé de publier le *Nouvel art d'adoucir le fer fondu*. De même il ne commence pas la publication des *Descriptions des arts et métiers*, pour laquelle il avait pourtant fait graver plus de 150 planches (1) et qui aurait dû comprendre l'*Art de la coutellerie*, annoncé dans l'ouvrage de 1722, p. 232.

C'est seulement en 1762, soit cinq ans après la mort de son auteur, que paraît le *Nouvel art d'adoucir le fer fondu* dans les *Descriptions des arts et métiers*, que le succès de l'*Encyclopédie* avait incité l'Académie à publier sous la direction de Duhamel du Monceau. Mais Duhamel, s'il est un animateur de premier ordre, ne se fait guère de souci en ce qui concerne l'établissement des textes. N'ayant pas dépouillé les registres des procès-verbaux des séances de l'Académie, il ignore en particulier le mémoire lu par Réaumur le 4 mai 1726 et ne se rend pas compte du caractère incomplet des textes retrouvés dans les papiers de celui-ci. Peu lui importe. Il fait précéder les dix-huit mémoires du *Nouvel art*... d'une préface dans laquelle il se borne à démarquer la table des matières, et fait publier l'ouvrage (2) à la suite de l'*Art des forges et fourneaux à fer* de Bouchu et Courtivron. Voici la table des matières de cette deuxième édition de la seconde partie de l'ouvrage publié en 1722 :

I[re] Partie. Où l'on donne les caracteres des différentes fontes, les différentes manieres de les jetter en moule, et où l'on enseigne à adoucir les ouvrages qui sont sortis intraitables des moules, en les faisant recuire dans des capacités où la flamme ne sçauroit pénétrer.

1[er] Mémoire. Des différentes especes de fonte de fer, ou de fer fondu : et à quoi il a tenu qu'on n'ait fait jusques ici quantité d'ouvrages de fer

(1) Georges Huard, Les planches de l'Encyclopédie et celles de la Description des Arts et Métiers de l'Académie des Sciences, *Revue d'Histoire des Sciences*, 1951, pp. 238-249.

(2) *Nouvel art d'adoucir le fer fondu, et de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que de fer forgé*, par M. de Réaumur. Suite de la troisième section sur le fer, VII + 124 p., 5 pl., in-folio, Paris, 1762.

Le *Nouvel art*... a été réimprimé dans le vol. XV, pp. 71-314, des *Descriptions des Arts et Métiers, faites ou approuvées par Messieurs de l'Académie Royale des Sciences de Paris... Nouvelle Édition... Par J. E. Bertrand*, Neuchâtel, 1781.

D'après C. S. Smith, *op. cit.*, une traduction du 2[e] mémoire de la 1[re] partie du *Nouvel art*... a été publiée à Londres en 1771, sous le titre *An Essay of the Mystery of Tempering Steel. Wherein the Effects of that Operation are fully considered. Extracted from the Works of the celebrated Monsieur Réaumur. By J. Savigny.*

fondu, qu'on fait de fer forgé. Idée des différentes manieres dont le fer fondu peut être adouci... pp. 1-6

2e Mémoire. Des différentes manieres de fondre le fer. Quelles attentions il faut avoir pour jetter en moule le Fer fondu, et pour tirer les ouvrages des moules... pp. 7-20

3e Mémoire. Essais de différentes matieres pour adoucir le Fer : quelles sont celles que ces essais ont montré y être les plus propres... pp. 21-27

4e Mémoire. Des Fourneaux propres à adoucir les ouvrages de fer fondu... pp. 28-35

5e Mémoire. Des précautions avec lesquelles on doit recuire les ouvrages de fer fondu : des changements que les différents degrés d'adoucissement produisent dans ce fer : comment on peut redonner aux ouvrages de fer fondu la dureté qu'on leur a ôtée... pp. 36-43

IIe Partie. Qui apprend à adoucir le fer fondu en couvrant les ouvrages avec un simple enduit ; différentes manieres de recuire ces ouvrages ; précautions pour que les ouvrages ne se voilent point.

1er Mémoire. Comment on peut adoucir les ouvrages de fer fondu sans les renfermer dans des creusets, ou des capacités équivalentes : deux manieres de le faire : avantages de ces manieres d'adoucir : éclaircissements qu'elles donnent sur la cause de l'adoucissement... pp. 44-51

2e Mémoire. Des différentes sortes d'enduits qu'on peut donner aux ouvrages de fer fondu, et de la maniere de les donner... pp. 52-56

3e Mémoire. Différentes manieres dont on peut recuire et adoucir les ouvrages enduits : description d'un nouveau fourneau qui y est propre... pp. 57-59

4e Mémoire. Attentions pour empêcher les ouvrages de se voiler dans le recuit : manieres de redresser ceux qui se sont voilés... pp. 60-62

IIIe Partie. Qui apprend à jetter en moule des ouvrages de fonte qui en sortiront doux au point de pouvoir être limés et réparés sans avoir besoin d'être recuits ; et ce qu'on doit attendre des ouvrages faits d'acier, ou de fer forgé, fondus.

1er Mémoire. Tentatives faites pour adoucir la fonte en fusion ; et pour conserver douce, pendant la fusion, celle qui a été mise telle dans le creuset : moyens de réussir par rapport à la derniere... pp. 63-70

2e Mémoire. Choix des fontes propres à être coulées douces ; que cette propriété est naturelle à quelques-unes ; que par art on peut la donner à d'autres ; qu'il y en a d'autres à qui il est presque impossible de la donner... pp. 71-74

3e Mémoire. Que les fontes coulées douces selon les procédés des Mémoires précédents, ont quelquefois le défaut d'être trop grises : moyen de corriger ce défaut, et de leur donner la couleur des ouvrages de fer les

La comparaison des deux éditions de l'*Art d'adoucir le fer fondu* confirme ce qu'indique le rapprochement de leurs tables des matières. Des six mémoires de la seconde partie de l'édition de 1722, les cinq premiers sont reproduits avec quelques additions dans la première partie du *Nouvel art*..., alors que le sixième est devenu le neuvième mémoire dans la troisième partie de l'édition de 1762. C'est entre ces textes que l'auteur a intercalé le résultat d'une partie des recherches dont il avait entretenu l'Académie le 4 mai 1726.

La seconde partie du *Nouvel art*... développe ce que Réaumur avait indiqué au cours de cette séance. On peut, signale-t-il, obtenir de la fonte malléable en se bornant à recuire la fonte à une certaine température, sans recourir aux creusets ni utiliser de substances particulières. Mais pour éviter l'écaillage il est nécessaire de couvrir la fonte d'un enduit, de mine de plomb de préférence.

La théorie de l'adoucissement est exposée de façon remarquable (pp. 50-51) :

L'enduit fait la fonction d'un chapiteau d'alambic, contre lequel la vapeur huileuse se rassemble. Otez ce chapiteau, brisez l'enduit, aussi-tôt la vapeur s'évaporera : le feu, dont elle est la pâture, l'aura bien-tôt absorbée... Plus la fonte est chargée de soufres et de sels, plus il est aisé de lui en enlever une quantité égale dans le même temps. Quand on commence à l'exposer au feu, elle est presque noyée dans ces matieres. Mais quand elle en a perdu une certaine quantité, outre qu'elle a moins de quoi fournir à l'évaporation, les sels et soufres qui restent sont plus difficiles à détacher ; ce sont ceux qui lui sont le plus intimement liés.

De même la troisième partie du *Nouvel art* est entièrement conforme au schéma exposé en 1726. Réaumur y étudie les procédés qui permettent d'obtenir la fonte malléable en adoucissant la fonte à l'état liquide, sans être obligé de lui faire subir un traitement ultérieur. Voici la méthode qu'il préconise p. 75 :

La méthode par où je devois commencer m'a paru être de tenir en fusion de la fonte naturellement douce, ou douce par art, au milieu de notre poudre composée d'os, et de charbon ; de tirer de ce creuset un peu de cette fonte liquide qui feroit un échantillon par où je jugerois à quel point celle qui étoit restée dans le creuset étoit douce et grise ; que je devois ensuite jetter quelque ingrédient dans le creuset, d'où retirant de la fonte quelque temps après, je me trouverois en état de voir si cet ingrédient y auroit produit quelque changement par la comparaison que j'en ferois avec l'échantillon qui auroit été tiré d'abord.

L'expérimentation lui permet de trouver la composition de l'additif le plus satisfaisant. Voici ce qu'il écrit à ce sujet p. 77 :

La première de ces nouvelles épreuves fut faite avec l'alun : j'en mêlai deux gros avec demi-once de charbon, je mis ce mélange dans un creuset, et au milieu du mélange une once de fonte grise. Si j'eusse eu à prédire le succès de cette épreuve, j'eusse cru devoir annoncer qu'il sortiroit du creuset une fonte très-blanche et très-dure ; l'alun, en toute autre circonstance, avoit toujours donné, à la fonte, le plus grand degré de dureté ; cependant après lui avoir fait soutenir le feu pendant une demi-heure, je la trouvai, à mon grand étonnement, très-limable. Mais ce qui me surprit le plus, c'est que cette fonte très-aisée à limer, très-aisée à percer, avoit la blancheur et l'éclat des fontes les plus parfaites : en un mot, cette fonte si douce avoit précisément la couleur que j'avois cherché à lui donner par toutes les expériences dont il a été fait mention jusqu'ici.

Il en conclut p. 78 :

Quoi qu'il en soit des différents moyens par lesquels on pourroit rendre la fonte d'une belle couleur, en lui conservant la propriété d'être limable ; il ne paroît pas qu'on doive songer à recourir à d'autres matieres que l'alun, puisqu'il fait très-bien, et qu'il est à bon marché.

Dans le quatrième mémoire de cette troisième partie, Réaumur développe les indications qu'il avait données dans la première édition sur l'influence de la vitesse de refroidissement. Il en vient à écrire p. 82 :

Il est donc certain que la fonte qui eut été douce et grise, si elle eût été coulée dans un moule chaud à un certain dégré, devient de la fonte blanche et intraitable, si elle est coulée dans un moule moins chaud où elle se fige plus promptement. Ainsi il paroît qu'en général de la fonte blanche est de la fonte trempée ; c'est une nouvelle idée qui demandera à être plus développée.

L'édition procurée par Duhamel du Monceau est loin de renfermer toutes les matières que devaient contenir les 4e, 5e et 6e parties annoncées par Réaumur en 1726. Si celui-ci n'a pas entièrement suivi le plan primitivement envisagé et s'il a laissé l'ouvrage incomplet, c'est sans doute qu'il ne s'estimait pas entièrement satisfait du résultat de ses longues recherches. L'auteur doit en effet s'être rendu compte que les procédés décrits dans les 2e et 3e parties du *Nouvel art*... étaient très coûteux et ne permettaient pas d'obtenir couramment de la fonte malléable de la qualité recherchée.

Le caractère inachevé de l'édition de 1762 se dégage également de l'examen des planches. Alors que l'édition de 1722 s'orne de sept planches dues à Ph. Simonneau, celle de 1762 s'accompagne de cinq planches numérotées I et V, II, III, IV, VI et VII, qui sont l'œuvre de Pierre Patte, entreprise sur les directives de Duhamel, et pour l'une d'elles, la pl. III, Patte s'est borné à rectifier une planche que Bertez et Ph. Simonneau avaient dessinée suivant les indications de Réaumur. Celui-ci a, en conséquence, abandonné la rédaction définitive du *Nouvel art*... alors que le travail d'illustration du texte écrit était loin d'être achevé.

***

L'œuvre métallurgique de Réaumur a été diversement appréciée. Tandis que Hassenfratz reconnaît son importance dans plusieurs passages de la *Sidérotechnie* publiée en 1812 (1), Frédéric Le Play, qui professait à l'École des Mines de Paris la sidérurgie dont la pratique lui était à peu près entièrement inconnue, n'a pas craint de porter en 1846 le jugement suivant, dans un mémoire destiné, il est vrai, à obtenir l'abaissement des droits de douane (2) :

> En résumé l'ouvrage que Réaumur publia en 1722 vint complètement égarer l'opinion des savants et des industriels sur les deux bases essentielles de l'art qu'il prétendait enseigner. En premier lieu, sur le choix du cément, Réaumur fut conduit à recommander certaines recettes admettant nécessairement une forte proportion de matières salines : il indique que cette recette pouvait varier avec la nature du fer à cémenter, et que d'autres mélanges, non expérimentés par lui, pouvaient vraisemblablement conduire au même résultat. En second lieu, sur le choix des fers à acier, il énonça comme conclusion définitive que la plupart des provinces du royaume fournissent en abondance des fers éminemment propres à être convertis en acier.

Il est sans doute difficile de ramasser en si peu de phrases autant de contresens sur l'œuvre d'un savant. Réaumur doit en effet être jugé d'après l'état de la science dans la première moitié du XVIII[e] siècle et c'est un argument trop facile de la polémique, sous la plume d'auteurs insuffisamment informés, que de lui reprocher d'avoir ignoré le rôle du carbone. A chaque époque se révèlent des hommes dont l'intelligence, dépassant leur temps, aperçoit des perfectionnements dans la connaissance et c'est en eux que réside un des ferments de l'histoire et du progrès de l'homme vers la maîtrise de la nature. Réaumur appartenait à ce type d'hommes et apparaît ainsi comme un précurseur des Encyclopédistes, dont l'action allait d'ailleurs pouvoir s'exercer dans un cadre plus vaste.

Réaumur a eu le mérite incontestable d'introduire l'observation

(1) *La Sidérotechnie, ou l'Art de traiter les minérais de fer pour en obtenir de la fonte, du fer, ou de l'acier ; ouvrage couronné par S. Exc. le Ministre de l'Intérieur, approuvé et adopté par la 1[re] Classe de l'Institut Impérial de France, pour faire partie de la Collection des Arts et Métiers qu'elle doit publier ; dédié à S. M. Impériale et Royale*, 4 vol. in-4°, Paris, 1812.

(2) Sur la fabrication et le commerce des fers à acier dans le nord de l'Europe, et sur les questions soulevées depuis un siècle et demi par l'emploi de ces fers dans les aciéries françaises, *Annales des Mines*, 4[e] série, t. IX, 1846, p. 214.

scientifique dans les techniques utilisées de son temps pour élaborer les produits ferreux. L'interprétation qu'il a formulée pour la composition du fer, de l'acier et de la fonte a permis à Vandermonde, Berthollet et Monge de mettre pleinement en lumière le rôle du carbone en mai 1786, dans leur *Mémoire sur le fer considéré dans ses différens états métalliques.*

Mais dans ses recherches sur les propriétés physiques des produits ferreux, Réaumur n'a pas été suivi par les savants du XVIIIe siècle. Ceux-ci estimaient essentiel de débrouiller en premier lieu les problèmes de la chimie, et c'est seulement vers 1860 que les métallographes commenceront à étudier les questions de structure, dont Réaumur avait souligné l'importance et l'utilité.

La plupart des historiens de la métallurgie ont signalé l'exceptionnelle qualité des travaux du pionnier que fut Réaumur (1). Celui-ci serait mieux connu en France si son œuvre de physicien était davantage diffusée. Formulons, en terminant, le vœu que soit prochainement entreprise la publication d'une édition annotée de *L'art de convertir le fer forgé en acier* et du *Nouvel art d'adoucir le fer fondu.*

Arthur BIREMBAUT.

(1) Ludwig BECK, *Die Geschichte des Eisens*, 3 vol., Braunschweig, 1891-97. James M. SWANK, *History of the manufacture of iron in all ages*, Philadelphia, 1892. Otto JOHANNSEN, *Geschichte des Eisens*, 3e éd., Düsseldorf, 1953. *A history of technology* edited by Charles Singer, E. J. HOLMYARD, A. R. HALL and Trevor L. WILLIAMS..., vol III : From the Renaissance to the industrial revolution c. 1500 — c. 1700, Oxford, 1957 ; *Metallurgy and essaying* by C. S. SMITH and R. J. FORBES, pp. 27-71.

DOCUMENTATION ET INFORMATIONS

I. — DOCUMENTATION

Les liens de famille entre Réaumur et Brisson, son dernier élève

En octobre 1749, afin de remplacer l'abbé Menon qui avait été son collaborateur pendant près de dix-huit mois (1), Réaumur engagea en qualité de garde et de démonstrateur de son cabinet d'histoire naturelle Mathurin-Jacques Brisson, né le 30 avril 1723, à Fontenay-le-Comte où son père était président des traites. Les parents de Brisson auraient voulu qu'il suivît la carrière ecclésiastique et leur fils avait reçu les ordres mineurs ; mais en 1747 il avait quitté la chapelle de Saint-Sulpice au moment où se déroulait la cérémonie d'élévation des séminaristes au diaconat. L'Académie royale des Sciences, à laquelle Réaumur avait légué sa collection, accorda à Brisson dès son engagement une pension, c'est-à-dire un traitement, de 600 livres par an, qu'elle continua de régler, à titre cette fois de pension de retraite, après la mort de Réaumur, quand la collection de ce dernier eut été réunie au Cabinet du roi (2). Admis à

(1) Constant Merland, Mathurin-Jacques Brisson, *Biographies vendéennes*, t. II, pp. 1-47, Nantes, 1883. P. 8 est reproduite une note où Brisson écrit : « En 1749, au mois d'octobre, étant allé voir M. de Réaumur, qui était à sa terre, et M. l'abbé Menou *(sic)*, qui, depuis environ dix-huit mois, était démonstrateur de son cabinet, étant mort le mois précédent, je demandai à M. de Réaumur de prendre sa place, ce qu'il m'accorda. » L'abbé François Menon est en conséquence à inscrire à la suite des collaborateurs successifs de Réaumur : Pitot, Nollet, Guettard, Hérissant, qui ont précédé Brisson. Menon, m. à Paris le 2 septembre 1749, avait été élu correspondant de Réaumur par l'Académie royale des Sciences le 20 décembre 1747. Il fait l'objet d'une bonne notice biographique dans Célestin Port, *Dictionnaire géographique et biographique de Maine-et-Loire*, t. 2, p. 659, Angers, 1876, et ne semble pas être apparenté à Turbilly, contrairement à ce qu'affirme Guillory aîné, *Le marquis de Turbilly agronome angevin du XVIII*e *siècle*, 2e éd. revue et augmentée avec des appréciations historiques et critiques par MM. E. Chevreul et P. Clément, membres de l'Institut, Angers, 1862.

Les 34 premières pages de la notice du Dr Merland (1808-1884) ont été réimprimées dans la *Revue de la Société littéraire, artistique et archéologique de la Vendée*, Fontenay-le-Comte, 1er trim. 1883, pp. 145-161, 2e trim. 1883, pp. 37-46.

(2) Archives de l'Académie des Sciences, dossier Brisson, note rédigée en 1785 par lui.

l'Académie, le 15 août 1759, en qualité d'adjoint botaniste, Brisson se heurta l'année suivante, dès la publication de l'*Ornithologie ou méthode contenant la division des oiseaux en ordres* en sept volumes rédigés en latin et en français, à l'hostilité déclarée de Buffon et de son entourage : Daubenton, Guéneau de Montbéliard, l'abbé Bexon, Sonnini, qui n'admettaient point la concurrence et l'empêchèrent de poursuivre ses travaux. Non sans courage Brisson décida de s'intéresser désormais à la physique expérimentale sur les conseils de l'abbé Nollet, dont il devint l'élève, puis le successeur dans la chaire de physique du collège de Navarre ; il avait été reçu maître ès arts le 20 août 1762. Jusqu'à la fin de l'ancien régime son cours payant de physique eut de nombreux auditeurs. Expérimentateur consciencieux, mais dépourvu de cette forme particulière d'intelligence qui s'appelle le génie quand celui qui en est doué a tant soit peu de chance, il a surtout été pour ses contemporains le courageux auteur de la *Pesanteur spécifique des corps, ouvrage utile à l'histoire naturelle, à la physique, aux arts et au commerce*, publiée en 1787.

Depuis l'éloge académique, contenant quelques inexactitudes suivant la tradition presque inévitable du genre, que Delambre prononça à la séance publique du 5 janvier 1807 (1), Brisson n'a guère tenté les biographes qui s'intéressent à l'histoire des sciences. La notice citée de Merland, où les sources ne sont mentionnées qu'exceptionnellement, est restée ignorée des historiens des sciences. Le Dr Jean Torlais a retracé brièvement la carrière de Brisson à deux reprises, tout d'abord dans *Un esprit encyclopédique en dehors de l'Encyclopédie : Réaumur d'après des documents inédits*, Paris, 1936, pp. 343-345, puis dans *L'abbé Nollet, un physicien au siècle des lumières*, Paris, 1954, pp. 234-236. Dans son *Réaumur* il n'indique pas comment Brisson a connu le naturaliste, mais dans la publication suivante il signale que Brisson était le neveu de la belle-sœur de Réaumur. Les deux passages concernant Brisson contiennent plusieurs inexactitudes, en sorte qu'il est permis de se demander si cette dernière indication est fondée, d'autant plus que l'*Index biographique des membres et correspondants de l'Académie des Sciences* dans les éditions de 1939 et de 1954 le présente comme le propre neveu de Réaumur. D'autre part le *Dictionnaire de biographie française* sous la direction de M. Prévost et Roman d'Amat a publié en 1954 (2) une notice sur Brisson, où celui-ci est simplement donné comme un ami de Réaumur. Il est vrai que cette notice terne fourmille de négligences et d'erreurs.

L'information cherchée se trouve dans le *Dictionnaire historique et généalogique des familles du Poitou*, 2e éd., par H. et Paul Beauchet-Filleau, Poitiers, t. II, 1895, p. 6 et t. III, 1905, p. 389, chef-d'œuvre

(1) *Mémoires de la Classe des Sciences mathématiques et physiques de l'Institut National de France*, 2e semestre 1806, Paris, 1807, pp. 189-205.

(2) Fasc. XXXVIII Breunot-Brun, col. 366-367.

d'érudition que le Dr Torlais n'a pas utilisé. Mathurin Brisson, père de l'académicien et descendant d'un frère de Barnabé Brisson, avait pour sœur Catherine Brisson, qui épousa le 3 novembre 1714 André-Jean-Honoré Ferchault de Réaumur, né à La Rochelle le 1er octobre 1684, frère cadet du naturaliste et mort sans enfant au début de 1719 (1). Mathurin-Jacques Brisson était en conséquence le neveu de la veuve du frère de Réaumur. C'est de toute évidence à ces liens de famille que le prédécesseur de Gay-Lussac à l'Institut dut les débuts de sa carrière scientifique.

Arthur BIREMBAUT.

La documentation en Histoire des Sciences et des Techniques

La Section « Histoire des Sciences et des Techniques » du Bulletin signalétique du Centre National de la Recherche scientifique

Le Centre de Documentation du « Centre national de la Recherche scientifique » (2) reçoit plusieurs milliers de revues et il en assure le dépouillement systématique. Ce dépouillement consiste en la rédaction de notices comportant, en plus des indications bibliographiques, un résumé de 50 à 100 mots. Ces notices sont publiées dans le *Bulletin signalétique* (anciennement, avant 1956, *Bulletin analytique*), qui comporte trois parties : 1re, Mathématiques, physique, chimie, sciences de l'ingénieur ; 2e Biologie, zoologie, agriculture ; 3e Philosophie et sciences humaines. Cette dernière partie, qui paraît en quatre fascicules par an, comporte depuis 1952 une section d'Histoire des Sciences et des Techniques qui s'est régulièrement développée et qui représente actuellement environ 1 500 à 2 000 notices par an. Cette documentation couvre le domaine des sciences exactes et naturelles. Elle exclut la Préhistoire et les Sciences humaines.

Depuis 1957, il existe un tiré à part de cette section (3). Il est reconnu par « l'Union internationale d'Histoire des Sciences » comme constituant une de ses deux bibliographies, l'autre étant la Bibliographie d'*Isis*.

(1) Cette indication figure dans une lettre adressée le 26 juin 1719 par Réaumur à M. de Montenay, procureur du roi au bureau des finances de Poitiers, et reproduite dans la *Revue de l'Aunis et de la Saintonge*, 25 juillet 1868, p. 34.

(2) Des changements de locaux ayant eu lieu récemment, il n'est pas inutile de préciser les adresses des services du Centre de Documentation : administration, 16, rue Pierre-Curie, DAN. 87-20, C.C.P. : 913.162 ; recherches bibliographiques, dépôt des revues, 15, quai Anatole-France, Paris (7e), INV. 45.95.

(3) Prix de l'abonnement : ensemble de la Troisième Partie : 2 700 F ; tiré à part d'Histoire des Sciences et des Techniques : 1 100 F ; étranger : 1 300 F.

Il ne sera pas inutile de préciser les possibilités qu'offre cette documentation et son utilité pour les historiens des sciences.

Cette documentation atteint toutes les revues d'histoire des sciences et des techniques, à de rares exceptions près ne concernant que des périodiques d'intérêt secondaire. Le dépouillement des périodiques de langue slave vient d'être mis en route. De plus, grâce à l'universalité du Centre et des dépouillements, les articles d'histoire des sciences publiés dans des revues scientifiques, philosophiques ou d'intérêt général sont également relevés, ce qu'actuellement aucun autre centre de documentation ne semble pouvoir assurer.

Le délai de publication des notices sera progressivement réduit. On espère ne pas dépasser six mois entre la date de publication d'un article et la date de la publication de sa notice dans le *Bulletin*.

Quant au mode de rédaction des notices, retenons ce point particulièrement intéressant que les titres en langue étrangère sont toujours suivis de leur traduction. Quant à l'analyse même des articles, elle est faite de façon que soit caractérisée de manière aussi précise que possible la nature du sujet traité et que soit indiqué l'essentiel du contenu de l'article.

La documentation fournie par le *Bulletin signalétique* ne porte que sur des périodiques. Elle n'atteint pas directement les ouvrages, pour la raison que le Centre, afin de ne pas compliquer son travail, s'est donné pour règle de ne fournir de notices que sur les publications effectivement reçues. Or, il ne reçoit qu'exceptionnellement des ouvrages. Pour parer à cet assez grave inconvénient, la section d'Histoire des sciences et des techniques du *Bulletin* mentionnera de plus en plus systématiquement, les comptes rendus d'ouvrages publiés dans les principales revues d'histoire des sciences et des techniques, la notice de ces comptes rendus comportant désormais la mention, non seulement du titre et de l'auteur de l'ouvrage, mais également le lieu et la date de publication ainsi que le nom de l'éditeur. Cette notice n'aura que l'inconvénient de paraître après un délai un peu long après la publication du livre, en raison du temps nécessaire pour l'élaboration du compte rendu, s'ajoutant au délai même de publication de la notice.

Un autre avantage notable de la Documentation d'Histoire des Sciences du C.N.R.S. est la possibilité d'obtenir dans des délais très rapides (huit à quinze jours) et à un prix modique, un microfilm des documents mentionnés dans le *Bulletin* (1).

Les références des notices sont de maniement simple. Chaque notice a pour matricule les symboles suivants : lettre indiquant la partie du

(1) Le Centre de Documentation du C.N.R.S. peut aussi fournir le micro-film de documents non mentionnés dans le *Bulletin signalétique*, mais se trouvant dans des Bibliothèques de Paris.

Bulletin, numéro du tome de la partie (un tome par année), enfin, numéro d'ordre de la notice dans le tome.

Voici à titre d'exemple la reproduction d'une notice, sans l'analyse.

φ. 11-13642. WHYTE (L. L.), Boscovitch and particles theory (B. et la théorie des particules), *Nature*, G. B. (1957), *179*, nº 4554, 234-5.

La lettre φ indique qu'il s'agit de la troisième partie du bulletin, celle qui contient la section d'Histoire des Sciences. Le chiffre 11 indique qu'il s'agit du tome 11 de cette troisième partie, correspondant à 1957 ; le chiffre 13642 indique le numéro d'ordre de la notice dans ce tome.

Le travail *d'extraction*, c'est-à-dire la rédaction de la notice, est la phase la plus délicate et la plus coûteuse de la tâche de documentation. Il suppose des personnes compétentes et lisant les langues étrangères. On éprouve d'assez grandes difficultés à recruter de bons extracteurs ; surtout pour les publications en langues slaves et nordiques.

La documentation fournie n'a vraiment d'utilité que si, en même temps qu'elle atteint les publications valables, elle sait délibérément laisser de côté les écrits trop brefs ou de qualité trop médiocre, pour mériter les frais de la rédaction et de la publication d'une notice. Cette élimination préalable se révèle assez délicate ; notons que l'on n'hésite pas à risquer de perdre quelques documents intéressants plutôt que d'alourdir exagérément la documentation ; mais, par contre, on retiendra un document bref, manifestement de grand intérêt.

Une fois réalisée la publication en fascicules des notices d'étude d'Histoire des Sciences, la tâche de documentation n'est pas achevée. Il reste à assurer l'utilisation de cette documentation, ce qui suppose l'organisation de son classement et sa sélection. Ici se posent de difficiles problèmes. Des recherches, en cours au C.N.R.S. et en divers autres Centres de documentation, en vue de mettre au point un système rationnel pas trop coûteux de sélection documentaire, ont abouti à d'intéressants résultats. Il serait normal que l'*Histoire des Sciences* bénéficie de ces progrès.

F. RUSSO.

NÉCROLOGIE

Arnold Reymond
(1874-1958)

Né dans le canton de Vaud, à Vevey, le 21 mars 1874, Arnold Reymond est mort dans sa 84e année, à Lausanne, le 11 janvier 1958.

Ses premiers travaux, dès l'école primaire, portaient sur des problèmes

de mathématiques (nombres premiers, trisection de l'angle) (1), et malgré des études théologiques poussées — il passa, en 1900, une thèse de théologie à la Faculté de l'Église libre de Lausanne, et fut trois ans pasteur — il n'abandonna jamais les recherches scientifiques. Si, à Berlin, il suivit des cours d'histoire religieuse, à Paris, de 1901 à 1903, il connut Bergson et Boutroux, mais aussi Hadamard, Goursat, Lippmann, et il fréquenta le laboratoire de physique de Leduc.

Professeur dans diverses écoles à Neuchâtel et à Lausanne, il est nommé en 1913 professeur de philosophie à l'Université de Neuchâtel. Il avait, en effet, présenté, en 1908, à Genève, une thèse de philosophie intitulée *Logique et mathématiques. Essai historique et critique sur le nombre infini*. A Neuchâtel, il prépare et rédige son *Histoire des sciences exactes et naturelles dans l'Antiquité gréco-romaine* qui paraît en 1924. Une traduction anglaise en est faite en 1927, et une réédition française en 1955. En 1925, A. Reymond est nommé professeur de philosophie à l'Université de Lausanne. Recteur de cette Université de 1930 à 1932, il ne la quittera qu'en 1944, après avoir dû abandonner en 1939, à la suite d'une grave opération au larynx qui le priva de sa voix, une partie de son enseignement. Mais jamais il ne perdra le contact avec ses étudiants et ses amis, grâce au dévouement des siens qui lui servent de porte-parole et à sa propre ténacité.

Si la philosophie d'Arnold Reymond est surtout *spiritualiste*, comme l'indique le titre d'un de ses ouvrages paru en 1942, elle ne s'éloigne pourtant jamais de la science. Il fait œuvre de logicien autant que de métaphysicien (2), et d'historien des idées scientifiques aussi bien que des idées religieuses. Ami de Léon Brunschvicg, d'André Lalande, qu'il suppléa à la Sorbonne en 1927 et en 1932, sur bien des points ses recherches rejoignent les leurs. Une de ses préoccupations majeures est l'enseignement de l'histoire des sciences et la place de l'histoire des sciences dans l'enseignement. Dès 1910, dans sa leçon d'ouverture à un cours de privat-docent de l'Université de Lausanne, il étudie les *Caractère et rôle de l'histoire et de la philosophie des sciences*. Divers articles portent sur *L'étude du passé et son enseignement pour le présent* (1923), *L'histoire des sciences et sa valeur dans l'enseignement secondaire* (1929), *Réflexions sur l'enseignement de l'histoire des sciences* (1934) ; *Les étapes de la pensée scientifique*, titre d'un rapport de 1935, retiennent son attention, et c'est sur ce sujet qu'il donnera un article à notre revue, en 1947 : *L'évolution de la pensée scien-*

(1) Les renseignements biographiques et bibliographiques que nous utilisons ici, nous ont été fournis par l'article de Mme VIRIEUX-REYMOND, publié dans *Philosophes d'aujourd'hui : Arnold Reymond*, Éditions de *Filosofia*, 1956, que nous avons analysé dans cette revue, t. X, n° 1, janv.-mars 1957, p. 93.

(2) Cf. *Les principes de la logique et la critique contemporaine*, Paris, Boivin, 1932, rééd. Vrin, 1957.

tifique et l'histoire des sciences. En 1938, il avait fait une esquisse historico-critique de la classification des sciences, et les problèmes de philosophie des sciences étaient toujours vus par lui dans leur contexte historique. Au Congrès de Philosophie des Sciences de Paris, en 1949, il traita de l'*Histoire des sciences et la philosophie des sciences* et il revint sur ce sujet au Congrès de Jérusalem : *La philosophie des sciences et son influence sur l'histoire des sciences* (1953).

C'est donc à juste titre qu'Arnold Reymond est regardé comme un historien des sciences de la lignée des Sarton, des Mieli, des Brunet, des Sergescu. Si son œuvre, considérée en tant qu'ouvrages d'histoire des sciences, n'est pas énorme, ses réflexions d'historien des sciences parsèment ses travaux de philosophie, de logique ; de nombreux articles relèvent de l'histoire des sciences et, surtout, son influence en ce domaine se révèle dans ses cours, dans ses interventions dans les Congrès, dans sa participation aux Colloques d'Histoire et de Philosophie des Sciences. Le Comité international d'Histoire des Sciences, bientôt Académie internationale d'Histoire des Sciences, ne s'y était pas trompé, lorsqu'il l'élut membre correspondant en 1929 ; en 1932, il devenait membre effectif. On se rappelle qu'Arnold Reymond fut l'inlassable président du V[e] Congrès international d'Histoire des Sciences, à Lausanne, en 1947 ; et c'est surtout grâce à lui que l'Académie, dont il était le président depuis 1937, put reprendre rapidement son activité après la guerre. Il participa à la création de l'Union internationale d'Histoire des Sciences, dont il fut élu vice-président, et des *Archives internationales d'Histoire des Sciences*. Il était de leur Comité de Rédaction, et membre de nombreuses Commissions, dont celle de l'Enseignement de l'Histoire des Sciences.

Les Universités de Paris, d'Aix-Marseille, de Grenoble, après celle de Neuchâtel, lui conférèrent le doctorat *honoris causa*. Il était officier de la Légion d'honneur, correspondant de l'Institut de France depuis 1945, et l'Académie royale de Belgique en fit un de ses associés en 1952. Membre de l'Institut international de Philosophie, de la Fédération internationale des Sociétés de Philosophie, du Centre international de Synthèse, Arnold Reymond aimait participer aux rencontres internationales : les contacts humains lui étaient précieux. Il ne redoutait pas les grands voyages, même à un âge avancé : la Suède, le Kenia, Israël ne lui paraissaient pas trop éloignés de sa Suisse natale qu'il avait plaisir à représenter à l'étranger. Seule la maladie, qu'il supporta stoïquement jusqu'à la fin, le contraignit à abandonner sa vie active.

C'était un conseiller sûr, un ami fidèle et délicat, un sage qui savait mettre en action les principes de son enseignement. Le souvenir de l'homme au sourire accueillant, recevant avec la même poignée de main solide et franche le grand savant venu de l'étranger et le jeune étudiant

aux débuts de ses études, la mémoire du philosophe à l'esprit tolérant, resté étonnamment jeune et ouvert, demeureront chez les historiens des sciences, et tout particulièrement dans notre Section d'Histoire des Sciences du Centre de Synthèse, et parmi les membres du Groupe français d'Historiens des Sciences.

Suzanne DELORME.

II. — INFORMATIONS

UNION INTERNATIONALE D'HISTOIRE ET DE PHILOSOPHIE DES SCIENCES

DIVISION D'HISTOIRE DES SCIENCES
SYMPOSIUM DE PISE-VINCI

Sur l'initiative de la Division d'Histoire des Sciences de l'U.I.H.P.S., le groupe italien d'historiens des Sciences, présidé par M. Vasco Ronchi, a organisé, au milieu du mois de juin, une rencontre internationale, à Pise et à Vinci. Le thème général du Symposium était *Les sciences mathématiques dans la première moitié du XVIIe siècle.*

Les communications nombreuses, présentées par les personnalités invitées et assurant une représentation internationale suffisante, ont débordé le cadre de ce thème, sans nuire, cependant, à de fructueux échanges de vues sur la période même qui était mise à l'étude. Le Symposium s'est étendu sur trois jours, du 15 au 18 juin 1958, et il n'a pas été possible, faute de temps, d'insérer des discussions à l'intérieur même des séances de travail. Mais les invités ont pu prolonger ces séances de travail sur les bords de l'Arno, ou sur les collines de Vinci, dans la lumière éclatante de la Toscane, et c'est pourquoi on peut effectivement parler des fruits portés par les échanges de vues. Tous les invités étrangers n'oublieront pas l'accueil chaleureux et toutes les attentions que le groupe italien d'historiens des Sciences a eus à leur égard. Le Congrès international de Florence, en 1956, avait déjà donné la mesure de la parfaite organisation que nos amis italiens savent apporter aux réunions internationales, ils ont ajouté de charmants souvenirs, le mardi 17 juin, à Vinci, à ceux que nous avions déjà recueillis lors de notre visite de septembre 1956, dans la patrie du grand Léonard.

Le texte des communications sera publié par les soins du groupe italien d'historiens des Sciences.

P. COSTABEL.

IXe CONGRÈS INTERNATIONAL D'HISTOIRE DES SCIENCES

Le prochain Congrès international d'Histoire des Sciences, et la prochaine assemblée générale de la Division d'Histoire des Sciences de

l'U.I.H.P.S. auront lieu du 1er au 7 septembre 1959, à Barcelone et à Madrid, sous la présidence de M. José Millas-Vallicrosa. Les inscriptions et demandes de renseignements sont à adresser au secrétaire général du IXe Congrès international d'Histoire des Sciences : M. le Pr J. Vernet, Faculté de Philosophie de l'Université, Via Layetana 141, *Barcelone* (Espagne).

FRANCE

CENTRE INTERNATIONAL DE SYNTHÈSE

XXIe Semaine de Synthèse

Le Centre international de Synthèse a organisé, du vendredi 9 mai au vendredi 16 mai 1958, une « Semaine » consacrée au sujet suivant : *Sciences et Techniques; leurs rapports au milieu du XXe siècle.*

Vendredi 9 mai : M. Maurice DAUMAS, conservateur-adjoint du Musée du Conservatoire des Arts et Métiers, *Rapports entre sciences et techniques : étude générale du point de vue de l'Histoire des Sciences et des Techniques.*

Samedi 10 mai : M. Jean DEBIESSE, directeur du Centre d'Études nucléaires de Saclay, *Le domaine nucléaire : son apport à la microphysique et à d'autres sciences.*

Lundi 12 mai : M. Alexandre DAUVILLIER, professeur au Collège de France, *Les réalisations atomiques, l'astronautique et les satellites artificiels.*

Mardi 13 mai : M. Benoît MANDELBROT, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille et à l'École Polytechnique, *La cybernétique : théorie des automates, théorie de l'information et de ses applications en physique et dans les sciences sociales.*

Mercredi 14 mai : M. Christian CHAMPY, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie de Médecine, *Les rapports de l'histophysiologie et de la mécanique du développement avec les recherches médicales en cours sur la tumorogenèse.*

Vendredi 16 mai : M. Raymond ARON, professeur à la Sorbonne, *Progrès technique, progrès économique, progrès social.*

Conférences

Le jeudi 22 mai 1958, M. Maurice BRAURE, professeur à la Faculté des Lettres de Bordeaux, fit une conférence illustrée de projections sur : *Quand New York s'appelait la Nouvelle-Amsterdam.*

Le mardi 10 juin 1958, M. Jean-Marie SAINTE FARE-GARNOT, directeur de l'Institut français d'Archéologie orientale, traita de *La musique et les musiciens dans l'Égypte ancienne.*

GROUPE FRANÇAIS D'HISTORIENS DES SCIENCES

Les conférences suivantes ont eu lieu, à l'Hôtel de Nevers, 12, rue Colbert, Paris (2e), dans la Bibliothèque d'Histoire des Sciences du Centre international de Synthèse :

Jeudi 13 mars 1958, M. Roger BILLARD, membre de l'École française d'Extrême-Orient : *L'Astronomie mathématique dans l'Inde.*

Jeudi 27 mars 1958, Mme M.-A. TONNELAT, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris : *Évolution et parenté des notions d'éther, de milieu et de champ.*

Jeudi 24 avril 1958, M. Armand MACHABEY, docteur ès lettres de l'Université de Paris : *Musiciens savants et savants musiciens aux alentours de 1600.*

Ces conférences ont donné lieu à des discussions très intéressantes.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HISTOIRE DE LA MÉDECINE

Le samedi 19 avril 1958, au foyer des professeurs de la Faculté de Médecine de Paris, la Société française d'Histoire de la Médecine a tenu une séance spéciale consacrée à la mémoire du Dr Paul DELAUNAY, président d'honneur de la Société, décédé le 3 février 1958 : MM. VINCHON, HUARD, THÉODORIDÈS, ACKERKNECHT et Jean ROSTAND ont successivement pris la parole pour retracer tous les aspects de l'œuvre de ce grand historien de la biologie et de la médecine.

PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

Les conférences d'Histoire des Sciences suivantes ont été organisées au cours des 2e et 3e trimestres de l'année universitaire 1957-1958 :

4 janvier 1958, P.-H. Michel : *Les nombres figurés dans l'arithmétique pythagoricienne.*

1er février 1958, Jean THÉODORIDÈS : *La zoologie au Moyen Age.*

1er mars 1958, Roger ARNALDEZ : *La pharmacopée arabe.*

19 avril 1958, Ernisi H. ACKERKNECHT : *La médecine à Paris entre 1800 et 1850.*

3 mai 1958, J. O. FLECKENSTEIN : *L'école mathématique bâloise des Bernoulli à l'aube du XVIIIe siècle.*

7 juin 1958, I. Bernard COHEN : *L'optique de Newton et son influence.*

Les textes de ces conférences seront publiés dans la collection des « Conférences du Palais de la Découverte », série D (Histoire des Sciences).

P. COSTABEL.

ÉCOLE PRATIQUE DES HAUTES ÉTUDES

Le vendredi 25 avril 1958, M. Richard H. Popkin, professeur à l'Université de Iowa, spécialiste réputé des études sur Leibniz, a donné à l'École Pratique des Hautes Études, VIe Section, une conférence sur *Le scepticisme et la Royal Society*, sur l'invitation de M. Alexandre Koyré, directeur d'Études et directeur de la Section d'Histoire des Sciences du Centre international de Synthèse.

Le vendredi 6 juin 1958, le Pr I. Bernard Cohen, de Harvard University, a donné devant le même auditoire une brillante conférence sur *L'électricité au XVIIIe siècle : la formation des théories, l'influence newtonienne.*

EXPOSITIONS

Une exposition très importante sur *Les brevets d'invention français de 1791 à 1902* a été organisée pendant le mois de mars 1958, à l'Institut national de la Propriété industrielle. La Revue publiera dans un prochain numéro, un compte rendu de cette exposition.

L'École technique supérieure du Laboratoire a organisé comme chaque année, dans le cadre de la Semaine du Laboratoire, qui a eu lieu au début du mois de juin, une exposition sur l'*Histoire de la technique du Bois* et de *son utilisation dans l'Art.*

Du 14 au 21 avril 1958, s'est tenue au Laboratoire de Physiologie de la Nouvelle Faculté de Médecine de Paris une importante exposition de pièces autographes, manuscrits, instruments, etc., sur le thème de *La vie et l'œuvre de R. T. H. Laennec.* Cette exposition fut inaugurée le 14 avril, par les Doyens L. Binet (Paris) et R. Auvigne (Nantes).

LXXXIIIe CONGRÈS DES SOCIÉTÉS SAVANTES

Le LXXXIIIe Congrès national des Sociétés savantes s'est tenu à Aix-en-Provence et Marseille du 9 au 13 avril 1958.

Un certain nombre de communications présentées concernaient l'Histoire des Sciences et des Techniques :

P. A. Février : *Quelques aspects de la vie agricole en Basse-Provence à la fin du Moyen Age.*

M. A. Rebsomen : *L'agriculture au Pays de Buch (département de la Gironde) pendant le XVIIIe siècle.*

J. Lugan et J. G. Forien de Rochesnard : *Description et inventaire des poids utilisés en Provence avant 1789.*

Commandant J. Rouch : *Une lettre inédite de Frifjof Nansca sur l'océanographie de l'Océan arctique.*

J. Orcel et Mlle Caillère : *L'œuvre féconde d'Alfred Lacroix au Comité des travaux historiques et scientifiques.*

J. Orcel : *L'œuvre de M. G. Delafosse, étape décisive dans le développement de la cristallographie au XIXe siècle.*
J. Théodoridès : *Une lettre inédite de Davaine à Moquin-Tandon.*
G. Aufrère : *Un biologiste aixois : Gaston de Saporta.*
G. Astre : *Correspondance scientifique entre Noulet et de Saporta à propos des flores fossiles sous-pyrénéennes.*
E. Boureau : *Louis Blaringhem (1878-1957). Sa vie, son œuvre.*
H. Jacques-Félix : *Évolution des idées concernant l'embryon des Graminées.*
Y. Laissus : *Sur la vie de Tournefort.*

Rappelons qu'Aix-en-Provence vit naître les botanistes Tournefort (1656-1708), Adanson (1727-1806), G. de Saporta (1823-1895) et fut la patrie de l'humaniste Peiresc (1580-1637).

J. Théodoridès.

CENTRE CULTUREL AUTRICHIEN

Le mardi 6 mai 1958, à 21 heures, au Centre Culturel autrichien, 3, rue Rossini, Paris (9e), M. Heinz Zemanek, chargé de cours à l'École Polytechnique de Vienne a fait une conférence en français, avec projections, sur : *Originalités sur les automates autrichiens depuis l'époque de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours.*

ANALYSES D'OUVRAGES

DESCARTES, *Correspondance*, publiée avec une Introduction et des notes par Charles ADAM et Gérard MILHAUD, t. VI (1956), Paris, P.U.F., 14 × 22,5 cm, 374 p. Prix : 1 600 F.

Ce volume est le sixième et n'est pas le dernier d'une collection qui a commencé de paraître en 1936, et dont les éléments sortent avec une lenteur de plus en plus grande... Il est vain de le déplorer ; mais il devient urgent d'en signaler l'intérêt pour l'histoire des sciences, sans attendre le dernier volume. On sait comment Descartes éclaircit souvent ses idées pour les correspondants en qui il a confiance, au lieu qu'il les laisse en partie obscures dans ses ouvrages imprimés ; d'ailleurs une bonne partie de ses polémiques avec les savants contemporains (Fermat, Roberval, Petit...), se fait par lettres adressées à un tiers. Ce n'est pas dans le présent volume qu'on trouvera le plus grand nombre de telles lettres, illustrées de figures : citons cependant la lettre 389 (à Beverwick) où Descartes expose ses divergences avec Harvey sur le mouvement du cœur et son rôle dans la circulation, et la lettre 411 (à Huygens) avec le dessin de la vis.

Une des qualités de cette édition est de donner à la fin de chaque volume (et en renvoyant au besoin d'un volume à l'autre) des notices sur les personnages cités et les destinataires. Celles qui, au t. I, concernent Mersenne et Galilée n'épuisent évidemment pas les connaissances indispensables sur de tels personnages. Mais les notices sur Roberval au t. II, sur Regius au t. III, sont peut-être les morceaux les plus importants que l'on possède sur des auteurs dont les écrits sont introuvables et la biographie mystérieuse. La question des rapports avec Pascal et Pierre Petit est aussi étudiée succinctement. Ce tome II, avec les lettres du 13 juillet 1638 (à Mersenne) sur les machines simples et sur la géométrie, et du 27 suivant (au même) est un des plus riches. Plusieurs lettres à la princesse Élisabeth portent, à partir de 1642 (au t. V), sur les mathématiques : Descartes lui explique ses procédés de raisonnement les plus ingénieux.

Au point de vue matériel, il y a peu de reproches à faire à cette édition, qui donne une traduction soignée des lettres dont l'original est en latin ou en néerlandais. Il y aura cependant quelques corrections à faire lors des futures réimpressions — sur des fautes d'autant plus graves qu'à première lecture elles ne forment pas un non-sens. Par exemple, au t. V, p. 12, on lit : *proportion* au lieu de *proposition* ; au t. VI, p. 354, *Armenien* au lieu d'*Arminien*. Mais cela est peu de chose : il reste que ces volumes sont maniables et faciles à lire.

On regrettera seulement qu'il ait fallu réduire la place tenue par les arguments et commentaires de pure érudition : l'on s'est contenté de renvoyer au début de chaque lettre à l'édition Adam et Tannery, qui donne les renseignements acquis à

ce jour, ou à l'édition Roth (1921), pour les 121 lettres découvertes plus récemment en Angleterre. On a simplement mis en note les renseignements nouveaux qui ne se trouvent pas ailleurs. Mais justement les cinq volumes d'Adam et Tannery et celui de Roth sont fort rares : il eût été assez souhaitable de suppléer à cette rareté. Certaines indications auraient été utiles, comme, par exemple, de signaler dans ce t. VI, que la lettre 463, p. 196 sq., est l'original latin dont une traduction a été par erreur insérée dans A.T., III, p. 378, avec la date de 1641. La traduction de Clerselier était si libre que l'on a cru à une lettre distincte (1). Une polémique est née entre les commentateurs les plus qualifiés autour de ces dates, 1641 ou 1645. On aurait pu l'éviter si les précisions concernant cette lettre avaient été rappelées aux lecteurs.

Mais notre souhait le plus vif est que cet instrument de travail soit complété sans tarder : nous en sommes à la lettre 515, de la fin de 1645, et les dernières années ne sont pas les moins remplies ! Espérons aussi que la réimpression des volumes épuisés se fera vite : le débit le plus rapide leur est assuré.

B. ROCHOT.

I. Bernard COHEN, *Franklin and Newton*, Philadelphie, The American Philosophical Society, 1956 (« Memoirs of the American Philosophical Society », vol. 45), 16 × 24 cm, 657 p. Prix : $ 6 relié.

Cette *Inquiry into speculative Newtonian experimental Science and Franklin's work in Electricity as an example thereof* est un ouvrage considérable, également important pour le philosophe, le savant et l'historien des sciences.

On sait que les œuvres de Newton ont été pendant plus de cent cinquante ans la bible de tous ceux, physiciens, astronomes, mathématiciens, qui s'intéressaient à la « philosophie naturelle ». Mais ce que l'on connaît moins bien, c'est d'une part, la complexité, la flexibilité de la pensée de Newton et, d'autre part, la lenteur extrême des progrès de la science positive dans tous les domaines qui n'étaient ni de la mathématique, ni de l'astronomie, ni de la mécanique, et la peine que l'on eut à se libérer des théories anciennes, notamment de l'aristotélisme et de certain cartésianisme.

Rien n'illustre mieux cette extension lente et difficile des méthodes newtoniennes que l'histoire de l'Électricité aux XVIIe et XVIIIe siècles, de cette science qui venait à peine de naître, où l'expérimentation était à la fois capricieuse et facile, où les idées directrices que l'on avait hérité des précurseurs étaient ou trop vagues, ou d'une précision enfantine.

C'est cette histoire qu'a choisie M. Bernard Cohen « pour éclaircir la nature de la pensée scientifique en considérant l'interaction entre le savant créateur et son entourage scientifique » et « parce qu'elle fournit un exemple de l'influence profonde exercée par l'œuvre d'un seul homme, Isaac Newton, à un degré unique dans le développement de la Science Moderne ».

(1) D'ailleurs dans A.T., IV, p. 172, la rectification est faite ; mais les lecteurs de la nouvelle édition n'ont, en ce cas comme en d'autres, aucun moyen de savoir qu'il faut se reporter à l'ancienne.

Son livre nous présente une analyse pénétrante et savante de la plupart des problèmes scientifiques et philosophiques que pose cette évolution.

Il le fait essentiellement en concentrant l'attention du lecteur sur la personnalité de Newton, qu'il éclaire d'un jour nouveau, et sur celle de Franklin que ses contemporains considéraient à juste titre comme « newtonien » typique, bien qu'il ne se fût jamais servi du langage mathématique.

En ce qui concerne Newton, quinze ans de recherches et de réflexion ont permis à M. Cohen de mettre en évidence certains traits mal connus de son œuvre, par exemple — malgré une phrase célèbre — le rôle qu'y a joué l'hypothèse (atomes, éther, fluides élastiques subtils) et les sens divers qu'il a attachés à ce mot.

Quant à Franklin, il montre nettement que c'est lui qui coordonna le premier en un corps de doctrine unique exact — bien que qualitatif — les observations faites pendant un siècle par toute une lignée d' « électriciens » habiles et sagaces dont certains, comme Gray et Du Fay, furent de grand physiciens. C'est lui en effet qui dégagea nettement de ses expériences propres et de celles de ses prédécesseurs la notion de *charge*, c'est-à-dire de fluide électrique, obéissant à un principe de conservation (un ou deux fluides, peu importe), et c'est de cette découverte que date la science électrique moderne.

Une brève analyse de la table des matières donnera peut-être une idée de la richesse de ce livre.

Première Partie. — Franklin et Newton

Chapitre Premier. — La science newtonienne au XVIIIe siècle. Base empirique des théories scientifiques. Effets et influence des théories scientifiques. L'Électricité science newtonienne spéculative-expérimentale. Une théorie non mathématique peut-elle être exacte ?

Chapitre II. — Réputation scientifique de Franklin parmi les physiciens, les historiens et les historiens de la science.

Chapitre III. — Personnalité scientifique de Franklin et de Newton.

Deuxième Partie. — La nouvelle philosophie naturelle

Chapitre IV. — La théorie physique à l'époque de Newton et Franklin.

Chapitre V. — Les deux sources majeures de la philosophie newtonienne, les *Principia* et *l'Opticks*.

Chapitre VI. — Newtonianisme expérimental et rôle de l'hypothèse.

Ces deux chapitres nous offrent une discussion très pertinente du rôle de l'expérience, de l'hypothèse, de l'analyse et de la synthèse dans l'œuvre de Newton et de ses successeurs.

Troisième Partie

Newton et Franklin : la nouvelle théorie corpusculaire

Chapitre VII. — La préparation scientifique de Franklin. Les livres qu'il a lus.

Chapitre VIII. — Contribution de Franklin à la philosophie naturelle de Newton. Électricité et matière. Rôle des principes de conservation. Vues de Franklin sur la lumière, la chaleur, le feu, l'éther.

QUATRIÈME PARTIE

FRANKLIN : ESSOR DE L'ÉLECTRICITÉ, SCIENCE NEWTONIENNE

Chapitre IX. — Franklin, ses précurseurs et ses contemporains. Histoire de l'Électricité au XVIIIe siècle.

Chapitre X. — La théorie franklinienne de l'Électricité.

Chapitre XI. — Comment fut reçue la théorie de Franklin : Électricité atmosphérique et paratonnerre.

Chapitre XII. — Applications et développement de la théorie de Franklin. Théorie d'Aepinus. Théorie des deux fluides. Développements modernes.

Appendices. — I. Usage par Newton du mot hypothèse. « Principes mathématiques » et « Philosophie naturelle ».

II. Originalité dans la découverte scientifique : les expériences de Franklin et son concept de fluide électrique.

Bibliographie très complète.

Il y a un point sur lequel j'aimerais préciser les idées : la valeur actuelle de la théorie du fluide unique de Franklin.

En électrostatique pure il y aurait symétrie complète entre les sources positives et négatives des lignes de force électriques et, si l'on appelle les unes des sources, et les autres les puits, c'est par convention.

Mais l'expérience a montré qu'en fait il existe une dissymétrie, que l'électricité a une structure corpusculaire, que les puits sont dans notre univers des électrons négatifs de faible masse, les sources des protons positifs de masse relativement élevée, ce qui implique l'intervention d'une énergie nouvelle, l'énergie nucléaire, distincte de l'énergie électrique. Il y a donc deux fluides dont les propriétés diffèrent, le fluide positif étant lié au noyau atomique, c'est-à-dire, si l'on veut, à la matière massive. Mais n'oublions pas que celle-ci existe aussi sous forme de neutrons également massifs, mais non chargés.

Récemment cette dissymétrie — dont nous ignorons encore la raison profonde — a pris une autre forme plus générale : distinction entre notre univers et un anti-univers instable que l'on observe en fournissant à la matière de très grandes énergies, anti-univers ou, entre autres, les charges sont inversées : électrons positifs, anti-protons négatifs — sans parler des mésons de diverses espèces qui compliquent encore les choses. Les questions profondes de « philosophie naturelle » ne sont — heureusement — jamais définitivement réglées.

Edmond BAUER.

Cl. F. MAYER, Science History and its recent losses (*Military Medecine*, février 1957, t. 42, pp. 80-85).

Après avoir consacré une page au développement récent de l'histoire des sciences en Hongrie et à la fondation de la Bibliothèque nationale d'Histoire de la Médecine de Budapest (1951), l'auteur donne une série de 54 courtes notices nécrologiques concernant des historiens des sciences ou de la médecine, décédés depuis 1945. En voici la brève indication.

Arturo Castiglioni (1874-1953), professeur bien connu d'histoire de la médecine à Padoue ; Angelo Bellini (1872-1949), biographe de G. Cardano (Milan, 1942) ; Sebastino Timpanaro (1888-1949), éditeur de Galilée ; Maxime Laignel-Lavastine (1875-1953), de l'Académie nationale de Médecine ; Lucien Cuénot (1866-1951), de l'Académie des Sciences ; Pierre Brunet (1893-1950), fondateur de la *Revue d'Histoire des Sciences* ; Serge Ivanovitch Vavilov (1891-1951), président de l'Académie des Sciences soviétiques ; Ed. Th. Withington (1860-1947), spécialiste de la terminologie médicale grecque ancienne ; James Fr. Colyer (1866-1954), conservateur du Département stomatologique du Musée Hunter à Londres ; Cecil Clifford Dobell (1886-1949), biographe de Leeuwenhoek ; Ingjold Reichborn Kjennerud (1865-1949), chirurgien général de l'armée norvégienne ; J. T. Hjelmlev (1873-1950), historien danois des mathématiques ; René Sand (1877-1953), professeur de médecine sociale à l'Université de Bruxelles ; J.-J. Tricot-Royer (1871-1951), fondateur de la Société internationale d'Histoire de la Médecine ; Howard Dittrick (1877-1954), fondateur d'un Musée historico-médical à Cleveland ; Victor Robinson (1886-1947), professeur d'histoire de la médecine à Philadelphie ; Félix Oefele (1861-1954), spécialiste de l'égyptologie et de l'assyriologie médicales ; Heinz Zeiss (1888-1945), biographe de Mechnikov et de Behring ; Fr. Wolter (1877-1946), de Hambourg ; Alf. Schmid (1884-1946), de Bonn ; Karl Schmid (1877-1946), professeur d'histoire de la médecine à Bonn ; Walter Brunn (1876-1952), professeur d'histoire de la médecine à Leipzig ; Julius Magyarykossa (1865-1944), historien hongrois de la pharmacie et de la médecine ; Jenö Pataki (1857-1944), historien de la médecine transylvaine ; Joseph Ernyey (1874-1945), directeur du Musée hongrois des Sciences naturelles ; Raymond Rapaich (1884-1954), membre de l'Académie hongroise des Sciences ; Max Neuburger (1868-1951), professeur d'histoire de la médecine à Vienne ; Sydney H. Ball (1877-1949), géologue américain et historien des pierres précieuses ; Harry Friedenwald (1864-1950), historien de la médecine juive ; Koshio Mikami (1875-1950), historien des mathématiques japonaises ; Mary A. Evershed (1867-1949), fondatrice de la section historique de l'Association astronomique britannique ; J. Ch. Smuts (1870-1950) ; H. W. Dickinson (1870-1952), historien anglais de la technologie ; Duong-Ba-Banh (1920-1951), mon ami très regretté, historien de la médecine vietnamienne ; Ed. Garcia de Zuniga († 1951), historien urugayen des mathématiques ; Ed. Erskine Hume (1889-1951), médecin général des U. S. A. ; Sir Charles Sherrington (1858-1952), célèbre physiologiste et historien de Fernel ; Gino Testi (1892-1951), co-directeur de l'Institut italien d'Histoire de la Chimie ; Joseph Walsh (1870-1946), et son frère James Joseph Walsh (1865-1942), historiens de la médecine à Philadelphie ; Max Meyerhof (1874-1954), historien très averti de la médecine arabe ; Everett Eug. Edwards (1900-1952), historien américain de l'agriculture ; Tadeusz Estreicher (1871-1952), historien de la science polonaise ; Fr. Enriques (1871-1948), fondateur de l'Institut romain d'Histoire et de Philosophie de la Science ; Pierre Sergescu (1893-1954), secrétaire-général de l'Union internationale d'Histoire des Sciences ; Henri Daudin (1881-1947), historien français de la biologie ; Sir Percy M. Sykes (1867-1945), historien de la géographie ; Sir W. Napier Shaw (1854-1945), historien de la météorologie ; Solomon Gandz (1884-1954), rabbin et historien de la civilisation sémitique ; Henry Crew (1859-1953), historien de l'optique ; Aldo Mieli (1879-1950), fondateur d'*Archeion ;* Julius Ruska (1867-1949), historien allemand de la science arabe ; Éric Waller († 1953), chirurgien, bibliophile et historien suédois de

la médecine ; George Sarton (1884-1956), le plus grand des historiens contemporains de la science ; Ed. Taylor Whittaker (1873-1956), historien de la physique et de la philosophie thomiste.

P. Huard.

L. A. Meyer, *Islamic astrolabists and their works*. Genève, Albert Kundig, 1956, 21 × 26,5, 123 p., XXVI pl. h.-t.

Le recensement systématique des instruments astronomiques anciens connaît ces derniers temps un regain de faveur dont il y a tout lieu de se louer. Les astrolabes, pour leur part, viennent d'être l'objet de deux études, qui renouvellent fort à propos le travail remarquable, mais devenu très incomplet, de R. T. Gunther (1) : D. J. Price a apporté, dans les *Archives internationales d'histoire des sciences* (1955, p. 243-263 et 363-381), le résultat, encore provisoire, d'un inventaire général des astrolabes conservés, tant orientaux qu'occidentaux, tandis que, dans le même temps, le professeur L. A. Meyer effectuait le recensement des astrolabistes du monde islamique et de ce qui subsiste de leur activité.

La parution presque simultanée de ces travaux nous permet d'apprécier les lacunes, sans doute, mais surtout les mérites de l'ouvrage de L. A. Meyer. Il convient cependant de préciser auparavant qu'il s'agit d'un recensement des hommes et non des instruments. C'est peut-être ce caractère qui explique, sans toutefois l'excuser, l'indigence vraiment décevante des notices techniques des instruments : aucun renseignement caractéristique n'est relevé, ni le style des astrolabes, ni le type, ni la taille, ni la date de l'équinoxe, ni le nombre d'étoiles, ni le nombre et les latitudes des tympans, ni même le libellé de la signature, toutes précisions qu'on était en droit d'espérer et qui n'eussent pas déparé un volume de cette qualité ; à cet égard, la consultation de la liste de Price, toute sommaire qu'elle soit, reste indispensable. Pour chaque astrolabe figurent seulement la date, le lieu de conservation actuel ou anciennement connu (lorsque ce lieu est un musée, on eût aimé avoir plus régulièrement la cote de l'astrolabe dans les collections du musée), et une remarquable bibliographie (2).

D. J. Price a attribué à chaque astrolabe un numéro qui fait suite à ceux de Gunther, et il est tout à fait souhaitable que l'utilisation de ces matricules, si l'on peut dire, passe dans l'usage commun. L. A. Meyer n'a probablement pas pu utiliser la liste des *Archives internationales d'histoire des sciences*, parue trop tard (encore qu'une référence y soit faite, parmi les *Additions*, p. 86), mais pourquoi les numéros de Gunther, dont mention est faite dans le corps de la bibliographie, ne sont-ils pas cités de façon systématique : p. 59, 74, 84, entre autres ?

Nous ne voudrions pas toutefois, en nous attardant sur ces lacunes, donner d'*Islamic astrolabists* une impression défavorable : il représente en effet des investigations fort étendues que quelques chiffres suffiront à démontrer.

Gunther, en 1932, connaissait 130 astrolabes occidentaux (cotés 161 à 314, y compris quelques numéros *bis* et décompte fait des numéros affectés à des livres

(1) R. T. Gunther, *The astrolabes of the world*, 2 vol. in-4°, Oxford, University Press, 1932.

(2) Certaines références semblent cependant imaginaires, telles, p. 51, celle à Gunther, I, p. 263.

imprimés ou à des gravures) et 141 astrolabes orientaux (cotés 2 à 159), dont 114 proprement islamiques. Price, tout en dénonçant quelques doubles emplois de son prédécesseur (nos 110 et 135, 150 et 153, 200 et 295, etc.), portait ces différents chiffres à 366 astrolabes occidentaux et 345 astrolabes orientaux (il est vrai que, dans le nombre, figurent quelques quadrants et cadrans solaires), dont 283 proprement islamiques et antérieurs à 1830 ; sur ce dernier nombre, 93 ne sont pas signés. En recensant 220 astrolabes (sans compter quelques quadrants, cadrans solaires et horloges) sous 150 signatures, L. A. Meyer a découvert 51 instruments inconnus de ses prédécesseurs et identifié 6 astrolabes considérés par Price comme anonymes. Il est juste d'ajouter que la liste de Price contient 16 numéros qui auraient pu figurer dans *Islamic astrolabists*, à moins qu'il ne s'agisse d'attributions erronées ou de doubles emplois.

Si on veut bien noter que de nombreuses dates ont été précisées ou corrigées, et certains noms rectifiés, on aura une idée de la somme de recherches que laisse supposer un ouvrage dont la présentation matérielle et les planches font d'autre part honneur à l'éditeur. Complété par un index des collections, une liste chronologique des instruments et une table bibliographique, l'ensemble se manie aisément. Nous regretterons seulement que l'auteur n'ait pas cru devoir exposer à nouveau la méthode de transcription des noms orientaux, toujours un peu délicate, qu'il avait exposée dans un ouvrage antérieur, mais que les historiens de l'astronomie ne sont pas censés consulter.

Emmanuel POULLE.

E. J. HOLMYARD, *Alchemy*, Harmondsworth (Middlesex), Penguin Books Ltd, 1957, 18 × 11 cm, 281 p., 10 fig., 36 pl. Prix : 3 s. 6 d. (290 F en France).

Ce livre de la collection populaire « Pelican » (A 348), qui a fait sienne la devise : vulgariser sans abaisser, retrace la longue et passionnante histoire des alchimistes, des mystiques et des charlatans qui se sont efforcés de trouver la pierre philosophale. Voici le titre des principaux chapitres : « Les alchimistes grecs », « L'alchimie chinoise », « L'appareillage des alchimistes », « L'alchimie musulmane », « L'alchimie occidentale », « La nomenclature et les symboles », « Paracelse », « Quelques alchimistes anglais », « Les alchimistes écossais », « Deux alchimistes français (Nicolas Flamel, Denis Zachaire) », « Helvétius (le médecin), Price et Semler ». Dans cet ouvrage remarquablement illustré, qui se termine par un glossaire suivi de deux index, l'un pour les noms propres, l'autre pour les matières, l'auteur met le grand public au courant des travaux les plus récents sur le sujet dont il est un des spécialistes le plus autorisés. Nous nous bornerons à quelques remarques. A propos des œuvres que la tradition attribue à Jābir, si M. Holmyard fait état du résultat des travaux du regretté Paul Kraus *(Jābir ibn Hāyyân, Contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam*, 2 vol., Le Caire, 1942-1943), il ne donne guère d'explication sur le mouvement qarmate, de caractère révolutionnaire, qui apparaît de plus en plus comme une tentative visant à donner des fondements plus rationnels à l'édifice social (Bernard Lewis, *The origins of Isma'ilism : a study of the historical background of the Fatimid caliphate*, Cambridge. 1940) : or, démunis de leur contexte social, les ouvrages composés par l'école des alchimistes ismaéliens au xe siècle et qui s'insèrent dans l'encyclopédie rationaliste

élaborée par les Frères de la Pureté perdent toute signification historique. D'autre part, puisqu'il cite Jean Béguin, l'auteur aurait pu rappeler que ce chimiste lorrain (auquel T. S. Patterson a consacré un excellent article en juillet 1937 dans les *Annals of science*, pp. 243-298, pl. XIII-XX) donna à Paris au début du XVIIe siècle « des cours publics de Chimie, où assistait la haute Noblesse, les Princes, les membres des Cours Souveraines et des Docteurs, car il s'était soumis à la censure de la Faculté de Paris et les Médecins suivoient ses leçons » (Nicolas Gobet, *Les anciens minéralogistes du royaume de France*, Paris, 1779, t. I, pp. 47-48). D'ailleurs les *Élémens de Chymie* de Jean Béguin restèrent longtemps le guide classique du praticien, ainsi qu'en témoignent les nombreuses éditions de cet ouvrage, qui fut traduit en plusieurs langues. Quoi qu'il en soit, outre le grand public auquel il est destiné, le livre de M. Holmyard intéressera les historiens de la chimie.

Arthur BIREMBAUT.

Torbern BERGMAN, *On Acid of Air* (Excerpt from KVA 1773) ; *Treatise on Bitter, Seltzer, Spa and Pyrmont Waters and their Synthetical Preparation* (Excerpt from KVA 1775). Uno BOKLUND, *Torbern Bergman as Pioneer in the Domain of Mineral Waters*, Stockholm, Almquist & Wiksell, 1956, 12 × 18 cm, 130 p. Prix : relié, Sw. cr. 15.

Torbern BERGMAN, *Om luftsyra* (Utdrag ur KVA 1773) ; *Afhandling om Bitter-Selzer-Spa- och Pyrmonter-Vatten, samt deras tilredande genom konst* (Utdrag ur KVA 1775). Uno BOKLUND, *Torbern Bergman som pionär på mineralvattenområdet*, Stockholm, Almquist & Wiksell, 1956, 12 × 18 cm, 127 p. Prix : kr. 15.

Bergman fut un des plus grands chimistes du XVIIIe siècle ; son nom est célèbre en métallurgie, chimie analytique et minéralogie, et l'on pourrait dire que c'est précisément l'échec de son œuvre cristallographique qui a inspiré le grand cristallographe français R. J. Haüy. Dans ces deux petits livres on trouve une réimpression en fac-similé de deux articles suédois de Bergman, publiés originairement dans les *Mémoires de l'Académie de Stockholm* (1773, pp. 170-196 ; 1775, pp. 94-121), et leur traduction anglaise. Toutes les deux sont suivies d'un exposé historique par M. Boklund. Le premier article, Sur l'acide de l'air, établit le caractère acide du dioxide de carbone (trad. p. 24), et donne une description exemplaire des propriétés de cette substance et des moyens de l'identifier. La craie est reconnue comme un sel (p. 22). Bergman pense que le gaz acide carbonique est le lien qui unit les corps organiques (p. 23), puisqu'il le voit échapper à la putréfaction. Dans le second, Traité sur les eaux d'Epsom, Seltzer, de Spa, et de Pyrmont et leur préparation synthétique, Bergman raconte qu'il avait le dessein de préparer artificiellement les eaux minérales qui étaient importées alors du continent à grands frais, surtout parce que l'état de sa santé l'obligeait à en faire usage lui-même. Il énonce des vues correctes sur les causes des dépôts tartreux de l'eau crue (p. 37). Il reconnaît qu'il faut d'abord faire l'analyse de ces eaux (p. 34) et en donne les résultats. Ensuite il a essayé de les recomposer à partir de leurs

ingrédients, ce qui le menait vite à reconnaître qu'il n'est pas correct de faire la synthèse des eaux minérales en partant immédiatement des produits de leur décomposition, parce qu'en analysant un composé chimique on change son caractère. Ce qui nous frappe spécialement c'est le contrôle suivi du degré d'acidité des solutions à l'aide d'un indicateur.

Dans l'exposé historique, M. Boklund fait ressortir que Bergman avait trouvé ses résultats en principe dès janvier 1772, comme le démontre son journal de laboratoire. Nous aurions voulu un peu plus de commentaires sur le texte de Bergman, par exemple comment Bergman déterminait le sel de soude à côté du sel marin, (p. 54) ou le carbonate de soude à côté du carbonate de potasse (p. 60). La traduction anglaise ajoute les noms modernes entre parenthèses, après les noms anciens dont Bergman fait usage (mais à la p. 85 l'on a renversé l'ordre, par méprise). L'article de M. Boklund place Bergman dans son entourage contemporain et le montre comme un pionnier dans le domaine des eaux minérales et de la chimie pneumatique. Et cela est fait d'une façon excellente. On regrette seulement quelques plaisanteries peu spirituelles sur le sentiment religieux du Moyen Age (pp. 107-108) ; il nous semble que l'historien des sciences doit suivre la parole de Spinoza : *Non ridere, non lugere, sed intelligere.*

La publication de ces deux livres est devenue possible grâce à la libéralité des fabricants d'eaux minérales de Suède, et on leur en saura gré, parce qu'ils n'ont épargné aucun effort pour rendre cette édition aussi attrayante que tout ce qui paraît en Suède dans le domaine de l'histoire des sciences, celle-ci, peut-être, n'étant honorée nulle part autant qu'en ce pays.

R. Hooykaas.

Sten Lindroth, *Gruvbrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberg intill 1800-talets början* (= Abatage et traitement du cuivre au Stora Kopparberg jusqu'au début du xixe siècle), t. I : *Gruvan och gruvbrytningen* (= La mine et l'abatage), 699 p., 313 fig. ; t. II : *Kopparhanteringen* (= Le traitement du cuivre), 454 p., 148 fig. ; Uppsala, Almquist och Wiksells Boktryckeri A B, 1955, 28 × 20 cm.

Le gisement de pyrite de fer cuivreuse du Stora Kopparberg (= grande montagne de cuivre) est situé à l'ouest de la ville de Falun en Dalécarlie. L'amas principal de minerai avait la forme d'un énorme sac de 200 m de diamètre, largement ouvert au jour et dont le fond était à 330 m de profondeur. Ayant minutieusement dépouillé les archives des différents dépôts de Suède, l'auteur retrace la longue histoire administrative, technique et économique de l'exploitation minière et du traitement métallurgique du minerai. En 1288, le gisement était déjà exploité par une société coopérative, où chaque mineur recevait une part du minerai dont il extrayait le cuivre brut. Gustave Vasa s'est attaché à développer l'exploitation qui connut sa plus grande prospérité au siècle suivant : en 1650, la production de cuivre brut dépassait 3 000 t, comme l'indique le graphique annuel de production pour la période 1540-1895 reproduit en fin de chaque tome. Dans les dernières années du xviie siècle, Cristopher Polhem a mécanisé l'exploitation minière, lui imprimant ainsi un caractère qui frappa les frères Jars lorsqu'ils la

visitèrent en 1767. Au XVIIIe siècle, on ne parvenait pas encore à récupérer l'or et l'argent contenus dans le cuivre brut, contrairement à ce qu'a écrit Louis de Launay, *Traité de métallogénie. Gîtes minéraux et métallifères*, t. II, Paris, 1913, p. 658, sans doute mal renseigné lors de son passage à Falun en 1890.

Bien informée et présentée sous une forme typographique soignée, la monographie de M. Lindroth illustre par une figuration remarquable les faits marquants de l'évolution technique qu'elle retrace. L'ouvrage contient la liste des sources manuscrites (pp. 392-396), une abondante bibliographie (pp. 396-405), ainsi que deux index, l'un pour les noms de personnes, l'autre pour les localités et les matières. Il se termine par un résumé en allemand de vingt pages. L'historien des techniques souhaiterait pouvoir disposer de monographies de cette qualité pour les principales exploitations minières.

Arthur BIREMBAUT.

Dr Charles LICHTENTHAELER, *La médecine hippocratique*, Neuchâtel, Éd. A La Baconnière, 1957, in-8°, 144 p. Prix : 9 F suisses.

L'auteur de ce livre n'est pas convaincu que tout ait été dit, depuis vingt-trois siècles qu'on pense à l'œuvre d'Hippocrate, et qu'une pléiade de commentateurs — particulièrement au XIXe siècle, s'est acharnée à la traduire, et à en pénétrer les arcanes. Et c'est parce qu'il apporte du nouveau et un esprit nourri des classiques, qu'il se montre parfois bien sévère. Quand il s'en prend à Castiglioni qui, selon lui, n'aurait vu de bon chez Hippocrate, « les écrits moraux mis à part, que son talent d'observateur et sa grande expérience », j'ai l'impression qu'il sous-estime l'œuvre d'un historien, qui, dans son *Histoire de la Médecine*, a écrit ce chapitre *L'Apogée de la Médecine grecque*, à la gloire du fils du médecin Héraclide, « le médecin le plus réputé de son temps, l'observateur le plus profond, le chef de l'école médicale la plus florissante ». Castiglioni invoque Littré, comme M. Lichtenthaeler, pour assigner des limites au domaine où sont parquées les œuvres hippocratiques — et il a cité le Serment, de larges extraits de l'*Art*, de *La Loi*, de la *Médecine ancienne*, de la *Bienséance*, des *Préceptes*, du *Traité des lieux*, des *Aphorismes*, etc. « Rechercher les causes sans perdre de vue le but, et avec une réflexion sereine ; mettre à la base de toute action, le raisonnement et l'expérience, sans préjugés, sans superstitions, sans conceptions *a priori* : voilà l'idée fondamentale de la médecine hippocratique », jugement très synthétique qui peut être accueilli généralement avec éloges, pour sa justesse et sa concision. — Du moins apparaît-il très sain à des médecins qui, tout en étant doués d'un certain esprit critique, avoueraient lire et aimer Hippocrate, sans toutefois avoir connaissance suffisante des Présocratiques, de Solon, d'Hérodote, de Platon, d'Aristote — qu'exige de tout lecteur M. Lichtenthaeler, car il a l'avantage de la posséder lui-même, au delà de l'érudition savante. C'est grâce à son labeur, à sa pénétration d'esprit que certains écrits d'Hippocrate ont été scrutés plus profondément que jamais. Il faut beaucoup de savoir, beaucoup d'attention pour dépister, par exemple, dans le *Pronostic*, l' « adjonction trompeuse d'un copiste ». Ceci qui se passait dans des temps très anciens ne saurait surprendre les lecteurs de nos jours. Et c'est avec regret que l'auteur constate : « Le pronostic témoigne d'un effort intellectuel considérable, effectué d'urgence — mais les énigmes qu'il contient sont d'une imperfection insoupçonnée jusqu'ici. »

Avec l'*Étiologie du chaud inné hippocratique*, on change de climat. M. Lichtenthaeler établit la distinction suivante : « Le chaud courant a été emprunté par les Hippocratiques à la physiologie présocratique ; il a donc été scientifique d'emblée ; c'est un principe directement naturel. Le chaud inné, en revanche, semble avoir eu une source beaucoup plus lointaine, présocratique ; il a été suggéré apparemment par la religion indo-européenne. » Le chaud inné, dont les synonymes sont le feu inné, le feu familier, cité dans les traités du *Cœur*, des *Chairs*, dans le Ier Livre des *Épidémies*, aurait quelque rapport avec le feu sacré des Grecs et des Romains, et dissimulé aux yeux des profanes, il aurait le même rôle tutélaire.

A force de solliciter les textes, ils se décident à répondre. Ainsi, dans le chapitre intitulé *De l'origine sociale de certains concepts scientifiques et philosophiques*, on apprend que pour combattre une maladie, il faut employer une médication ennemie (πολεμιμιώτατον) — donc, contraire — et qu'un remède favorable est φιλιος, ami. — Enfin, dans un dernier chapitre de ce livre de grand érudit, le premier aphorisme d'Hippocrate « La vie est brève ; l'art, long ; l'occasion, fugitive ; l'expérience, trompeuse ; le jugement, difficile », est longuement expliqué et commenté, en suivant, particulièrement, Deichtengräber, qualifié de second Littré. Le temps ne l'a pas affaibli. Les progrès accomplis en médecine, semble-t-il, n'ont pas cessé de le justifier ; aussi est-il pris pour une de ces devises qui, à toute époque — aujourd'hui comme hier et certainement comme demain, doivent toujours rester présentes à toute conscience médicale.

Dr P. ASTRUC.

Marc IMBERT, *Un anatomiste de la Renaissance : Léonard de Vinci*, Thèse de Lyon, 1955-56, nº 261, 93 p., 7 fig.

Le plan suivi est le suivant :

a) État de la science anatomique au xvᵉ siècle ;
b) État de l'illustration anatomique au xvᵉ siècle ;
c) Sources de la connaissance anatomique ;
d) Les méthodes anatomiques de Léonard de Vinci ;
e) Les éléments anatomiques et leurs fonctions ;
f) Architecture et mécanique du corps humain.

Ce travail très consciencieux n'apporte rien de très nouveau sauf les coupes transversales du membre inférieur (fig. 3). Il ignore quelques travaux importants publiés à l'occasion du cinquième centenaire de la naissance du Vinci : Ch. O'Malley et J. B. C. de Saunders, *Leonard de Vinci on the human body*, New York, 1952 ; Elmer Belt, Les dissections anatomiques de Léonard de Vinci, dans *Léonard de Vinci*, Paris, 1952 ; Mario Senaldi, *L'anatomia e la fisiologia di Leonardo da Vinci*, Milan, 1952.

P. HUARD.

H. JAHIER et Abdelkader NOUREDDINE, *Le livre de la génération du fœtus et le traitement des femmes enceintes et des nouveau-nés*. Alger, Ferraris, 1956, 210 p.

Il s'agit du manuscrit nº 833[2] du catalogue de Renaud, conservé à la Bibliothèque de l'Escurial *Kitâb Khalq al-Djanin wa-Tadbir Al-Hâbâbâ wal-Mawloudin* (c. 961-970) par Arib ibn S'aid al Katib al Qurtubi (c. 918-980), c'est-à-dire le

Cordouan. Après une introduction biographique qui nous montre la polyvalence d'Arib (haut fonctionnaire et polygraphe comme Pline l'Ancien ou Avicenne), les auteurs donnent une traduction intégrale de cet ouvrage, suivie de notes et de la reproduction du texte arabe. Ce serait le plus ancien traité méditerranéen uniquement consacré à l'obstétrique et à la puériculture. Il fut écrit sur l'ordre du Khalife umaiyade El Hakam II le Sage (961-970) dont Arib était le secrétaire. On ne connaît actuellement, aucune autre copie de ce mss. *unicum* dont les dix premiers chapitres ont été étudiés par Makaci Mustapha (Thèse d'Alger 1949). L'ouvrage comprend, en tout, 15 chapitres, dans lesquels la génétique, l'anatomo-physiologie génitale, la sexologie, l'eugénique, la tératologie, l'embryologie, la pédiatrie, la diététique et l'obstétrique ne sont pas toujours très bien différenciées. Les sources grecques (Hippocrate, Aristote, Galien, Pline, Hérophile, Archigène), arabes (Avicenne, *Coran*) sont de beaucoup plus importantes que les sources hébraïques et indiennes. En ce qui concerne celles-ci, on ne retrouve pas d'allusions aux fameux traités d'érotique. Mais on note des recettes à but aphrodisiaque (destinées à rétrécir le vagin, à augmenter la puissance virile) ; utiles pour procréer des jumeaux *(nara)* et calmer la diarrhée *(t'abâchir)* qui sont d'une inspiration ayurvêdique. Par contre la comparaison des premiers stades du développement fœtal avec du fromage rapportée de l'Inde en Iran par Borzoe et classique chez les Arabo-persans (Elgood) ne paraît pas connue des hispano-arabes. Ils usent de l'image hippocratique de la courge se modelant dans un vase.

L'astrologie (condamnée par Avicenne), a une place assez importante dans le livre d'Arib, sans qu'on sache s'il y croit formellement. Il rapporte, en particulier, la tradition qui durera jusqu'à Mauriceau, selon laquelle le fœtus né après une conception de 8 mois n'est pas viable, à cause de l'influence de Saturne. Une seule exception est connue ; c'est le cas miraculeux du Christ, après quoi aucun enfant, né dans le même cas, n'a survécu. L'iatro-mathématique hippocratique apparaît dans la classification des âges de l'homme, enfant jusqu'à 7 ans, pubère jusqu'à 14 ans (2×7), adolescent jusqu'à 21 ans (3×7) jeune homme jusqu'à 35 ans ($21 + 2 \times 7$) ; homme fait de 35 à 49 ans (7×7) ; homme mûr (de 49 à 63 ans (9×7). A partir de cette date, il devient un vieillard. (Il existe une catégorisation chinoise correspondante.)

Le mécanisme de la sécrétion spermatique et de la sécrétion lactée est conçu en dehors de toute idée de sécrétion glandulaire. Le sperme venu de l'organisme tout entier s'élabore dans le cerveau, les reins et les testicules. Il passe donc par les veines rétro-auriculaires dont la section ou l'altération pathologique peut être une cause d'impuissance, opinion qui se retrouve chez A. Paré. Le lait est le frère du sang menstruel et arrive aux mamelles par le réseau veineux pariéto-abdomino-thoracique antérieur. (Des explications analogues existent également dans la médecine chinoise.)

L'utérus est considéré comme biloculaire, le ventricule droit étant réservé au fœtus masculin qui regarde le dos maternel et le gauche au fœtus féminin qui regarde le ventre de la mère. Le veru-montanum est signalé. L'existence de sujets hermaphrodites, capables d'auto-fécondation est donnée comme sûre. L'érection est expliquée par la pénétration du pneuma dans la verge, interprétation qui durera jusqu'à Léonard de Vinci.

Les présentations étudiées sont celles du sommet, transverse, et des pieds. La version podalique par manœuvre externes (Soranus d'Éphèse, Paul d'Égine,

Aetius) est indiquée. Il n'est pas question pour Arib de la pince destinée à extraire le fœtus vivant *(forceps)*, mentionnée par son contemporain Avicenne. La possibilité de retarder la section du cordon jusqu'à l'établissement parfait de la respiration du nouveau-né est exposée d'après Galien. On sait qu'elle fait gagner au fœtus environ 90 g de sang placentaire. Le placenta est considéré comme le fils du fœtus et le placenta praevia comme le *filius ante patrem*. La rétention placentaire et la délivrance artificielle sont connues. La grossesse extra-utérine n'est pas mentionnée. La môle est très rapidement signalée.

Parmi les maladies de la première enfance on note les vers intestinaux, la lithiase urinaire, les éruptions cutanées et les tuméfactions inflammatoires du cou. La confusion est évidente entre les maladies du larynx, du pharynx et l'inflammation du tissu cellulaire et des ganglions. L'hypertrophie de ceux-ci donne l'impression que le rachis cervical est diminué de longueur et ressemble à un cou de suidé (porc ou sanglier). Ce mot-image passe des Grecs chez les Arabes et chez les Latins (*scrofulae*, petites truies). Un court tableau d'équivalence des poids arabes avec le système métrique permet de juger en connaissance de cause les formules thérapeutiques.

Il est inutile d'insister sur l'importance de cette étude. José Augusto Sanchez Perez (*Ciencia arabe en la edad media*, 1955) consacre seulement 16 lignes à Arib qu'il donne comme un gynécologue et dont la biographie n'est pas mentionnée. Ce travail fait honneur au Pr Jahier et à son collaborateur Noureddine, déjà connus par leur édition du *Cantica* d'Avicenne. Il permet aux historiens de la médecine non spécialisés de se faire une idée de la médecine arabe, non d'après des synthèses toujours générales, mais d'après un texte donné, annoté avec beaucoup de précision.

P. Huard et M. Wong.

Maurice Bouvet, *Les travaux d'histoire locale de la pharmacie des origines à ce jour*, Paris, Société d'Histoire de la Pharmacie, 4, avenue de l'Observatoire, 1957, in-4°, 44 p.

Ce travail est l'exécution, pour la France, d'une entreprise internationale de bibliographie de l'histoire locale de la pharmacie, décidée en 1955 par l'Union mondiale des Sociétés d'Histoire pharmaceutique dont M. Bouvet est l'actuel président. On sait la compétence de M. Bouvet en la matière ; on lui doit un grand nombre d'études d'histoire de la pharmacie que l'on trouvera d'ailleurs mentionnées dans ce recueil.

Après les ouvrages généraux concernant la France dans son ensemble, cette bibliographie est présentée en un ordre alphabétique unique des villes et provinces.

Nous saurons gré à M. Bouvet de cette précieuse contribution à la bibliographie de l'histoire des sciences.

F. Russo.

Jean et Monique Fiolle, *L'aube tragique de l'anesthésie*, Paris, Éd. Denoël, 1957, 14 × 20,5 cm, 192 p. Coll. « Pourquoi ? Comment ? ». Prix : 570 F.

Voici l'histoire, ou plutôt le roman, de la découverte de l'anesthésie. En une page, l'auteur règle la question des méthodes d'insensibilisation dans l'Antiquité,

plus rapidement encore les recherches arabes. Il ne rattache pas non plus l'étude du protoxyde d'azote, de l'éther et du chloroforme à celles des drogues sensorielles, dont d'importantes études ont pourtant déjà été effectuées. (Voir, par exemple, Dr L. Reutter de Rosemont, *Histoire de la pharmacie à travers les âges*, Paris, Peyronnet, 1931, t. II, pp. 461-659.) C'est donc bien improprement qu'on nous parle de l'*aube* de l'anesthésie. Est-ce une aube particulièrement tragique ? L'ambiguïté du titre pourrait faire croire que les premiers procédés employés ont été fort préjudiciables aux malades. En réalité, les auteurs pensent aux luttes qui opposèrent, au XIXe siècle, Horace Wells, Morton et Jackson, et à leur triste destin.

Il est assez difficile de comprendre d'après le présent ouvrage l'enchaînement des observations et des expériences qui, à partir des travaux de Henri Hill Hickman, de Davy (l'inventeur de la lampe de sécurité des mineurs), de Priestley, aboutirent aux résultats plus décisifs obtenus par Wells, Morton et Jackson. Sur ces trois inventeurs, les inventeurs concentrent la lumière. Une lumière pas très éclairante. Si leurs travaux sont rapidement décrits, on ne nous fait pas grâce des dialogues de Wells avec sa femme et avec sa clientèle. C'est une véritable reconstitution. On est tout proche ici d'Alexandre Dumas. Le style, très familier, nous entraîne plus loin encore. Heureusement, une bibliographie renvoie à de nombreux travaux ; parmi les plus récents on peut signaler ceux de E. Aron, B. Duncum, E. S. Ellis, Th. Key, Lavoine, Lhuillier, Montagu, Neveu et Trent.

Suzanne COLNORT.

Précurseurs et inventeurs. Livres et autographes scientifiques et médicaux. Librairie Thomas-Scheler, 19, rue de Tournon, Paris (6e), 1957, 120 p., 21 × 13,5 cm.

Ensemble d'ouvrages et autographes de grand intérêt, décrits avec précision et détail.

Que ce soit l'occasion de regretter que des publications de ce genre, d'une part ne soient pas plus connues et plus utilisées, et d'autre part ne soient pas plus accessibles.

F. RUSSO.

Le gérant : P.-J. ANGOULVENT.

1958. — Imprimerie des Presses Universitaires de France. — Vendôme (France)
ÉDIT. N° 24 905 Dépôt légal : 4-1958 IMP. N° 15 409
IMPRIMÉ EN FRANCE

HISTOIRE GÉNÉRALE *des* CIVILISATIONS

dirigée par MAURICE CROUZET

complète en 7 volumes

1 **L'ORIENT ET LA GRÈCE ANTIQUE**
par ANDRÉ AYMARD, *professeur à la Sorbonne*
et JEANNINE AUBOYER, *conservateur au Musée Guimet*
In-4° couronne, relié, avec 48 planches hors-texte *(3e édition)*..... **3 000 F**

2 **ROME ET SON EMPIRE**
par ANDRÉ AYMARD, *professeur à la Sorbonne*
et JEANNINE AUBOYER, *conservateur au Musée Guimet*
In-4° couronne, relié, avec 48 planches hors-texte *(2e édition)*..... **3 400 F**

3 **LE MOYEN AGE**
L'expansion de l'Orient et la naissance de la civilisation occidentale
par ÉDOUARD PERROY, *professeur à la Sorbonne*
In-4° couronne, relié, avec 48 planches hors-texte *(2e édition)*..... **3 200 F**

4 **LES XVIe ET XVIIe SIÈCLES**
Les progrès de l'Europe et le déclin de l'Orient (1492-1715)
par ROLAND MOUSNIER
Professeur à la Sorbonne
In-4° couronne, relié, avec 48 planches hors-texte *(2e édition)*..... **2 600 F**

5 **LE XVIIIe SIÈCLE**
Révolution intellectuelle, technique et politique (1715-1815)
par ROLAND MOUSNIER et ERNEST LABROUSSE
Professeurs à la Sorbonne
In-4° couronne, relié, avec 48 planches hors-texte *(2e édition)*..... **2 600 F**

6 **LE XIXe SIÈCLE**
L'apogée de l'expansion européenne (1815-1914)
par ROBERT SCHNERB
Professeur de Première supérieure au Lycée de Clermont-Ferrand
In-4° couronne, relié, avec 48 planches hors-texte *(2e édition)*..... **3 000 F**

7 **L'ÉPOQUE CONTEMPORAINE**
A la recherche d'une civilisation nouvelle
par MAURICE CROUZET, *inspecteur général de l'Instruction publique*
In-4° couronne, relié, avec 48 planches hors-texte .... **3 600 F**

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
108, Boulevard Saint-Germain — PARIS (6e)

Publiée sous la direction de René Taton, l'HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES donne en trois volumes un panorama de l'évolution scientifique considérée dans sa totalité comme un élément essentiel de l'histoire humaine.

Tandis que les figures et tableaux insérés dans le texte facilitent la compréhension de certains développements, des planches en héliogravure dont la valeur d'authenticité a été sévèrement contrôlée restituent l'ambiance de la vie scientifique aux diverses époques de l'histoire.

L'HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES n'est pas un répertoire encyclopédique à l'usage des érudits, mais une vaste synthèse des idées et des faits scientifiques au cours des âges, conçue, dans le cadre des notions nouvelles sur l'histoire des civilisations, comme *un élément de culture générale*

continuant et complétant

L'HISTOIRE GÉNÉRALE DES CIVILISATIONS

paraît en 3 volumes illustrés une

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES



volumes parus

TOME I

LA SCIENCE ANTIQUE ET MÉDIÉVALE

(DES ORIGINES A 1450)

Un volume in-4° couronne de 636 pages, avec 48 planches hors-texte en héliogravure, relié pleine toile, sous jaquette illustrée en 4 couleurs et laquée **3 000** F

TOME II

LA SCIENCE MODERNE

(DE 1450 A 1800)

Un volume in-4° couronne de 808 pages, avec 48 planches hors-texte en héliogravure, relié pleine toile, sous jaquette illustrée en 4 couleurs et laquée **3 800** F

à paraître en 1959

TOME III

LA SCIENCE CONTEMPORAINE (De 1800 à 1959)

PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

108, boulevard Saint-Germain, PARIS (6e)

1958. — Imprimerie des Presses Universitaires de France. — Vendôme (France)

IMPRIMÉ EN FRANCE